LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS



LE SEL

Une batterie de « poêles » aux mines de Saint-Nicolas (Meurthe-et-Moselle) ; le gros sel qui a cristallisé est mis à égoutter sur le manteau de la poêle.

(*Photo* MAURICE BERNARD).

N° 3226 — Février 1954 Revue mensuelle Le Numéro : 200 francs

Actualités et informations

L'amélioration de l'essence par le phosphate tricrésylique

D'après la revue *Automotive Industries* de juin dernier, d'importantes firmes américaines auraient étudié une remarquable technique d'amélioration de l'essence pour moteurs. Elle serait basée sur l'addition, dans des conditions particulières de mélange, de petites quantités de phosphate tricrésylique. Elle conduirait à une augmentation de puissance, une réduction de consommation et une amélioration en tenue et durée des bougies d'allumage. La valeur de ce procédé serait confirmée par deux années d'essais sur des moteurs d'avion.

* * *

Les dangers d'attaque, par les insectes xylophages, du bois congolais de Limba utilisé comme bois d'œuvre, peuvent être évités si on soumet ce bois de grande valeur au traitement suivant : après l'abattage, traitement à la vapeur à 60° C suivi d'un badigeonnage soigné au pentachlorophénol, au xylamon ou autres produits analogues ; ensuite, après le débitage et avant l'assemblage des pièces, nouveau badigeonnage ou trempage au moyen d'une solution de produits tels que chloronaphtalène, xylamon, basileum, pentachlorophénol, etc.

* * *

On prépare la mise en culture en riz de plus de 1 000 ha en Algérie, dans le territoire d'Oran, entre la Merdja et les Hamadenas. Le nivellement des terrains est déjà achevé. Les semences utilisées proviendront des cultures d'essai déjà effectuées en Algérie ainsi que d'Italie et du Maroc.

* * *

Des prospections récentes ont démontré l'existence de gisements d'uranium dans le district Bull Cañon du Montrase County. On estime qu'ils renferment les plus importants dépôts de carnotite découverts à ce jour sur le plateau du Colorado.

* * *

La plus grande installation du monde pour la fabrication du jus d'ananas congelé a été réalisée à Honolulu, aux îles Hawaï. Elle peut congeler 250 boîtes de 170 g par minute.

SOMMAIRE

Un fromage à base de graines de coton

D'après la revue *Oléagineux* de mai 1953, la Texas Engineering Experiment Station aurait mis au point la fabrication d'un fromage à base de graines de coton. Les graines crues écrasées donneraient un jus laiteux qu'on ferait cailler par addition d'acide lactique, puis le caillé serait mûri par l'intervention d'une bactérie spécifique.

* * *

Aux États-Unis, le développement de l'industrie chimique dérivée du pétrole a provoqué la production croissante d'agents détersifs venant concurrencer les détergents d'autres origines, dont les plus communs sont les savons. On estime qu'en 1952 la vente des détersifs de synthèse aux États-Unis a atteint 43 pour 100 de la vente totale de tous les détergents, savons compris.

Projet d'un pont suspendu de 2630 mètres

Le plus grand pont suspendu du monde enjambera le détroit de Mackinac qui sépare les lacs Michigan et Huron (U.S.A.). Les caractéristiques de ce pont seront les suivantes : longueur totale de 2,84 km comportant plusieurs travées reposant sur 34 piles ; partie centrale, constituant le pont suspendu proprement dit, de 2,63 km avec une travée centrale de 1 160 m ; rampes d'accès d'une longueur totale de 2,5 km ; tablier comportant quatre bandes de roulage de 3,3 m à 3,6 m de largeur. L'auteur du projet évalue les frais de construction à 78 millions de dollars qui seront financés par un consortium chargé de prélever des droits de péage.

* * *

Le gouvernement de Nouvelle-Zélande a décidé la construction d'une usine pour utiliser les vapeurs naturelles qui s'échappent du sol en divers points au nord de l'île. Elle produira de l'énergie électrique et de l'eau lourde. Le projet est étudié avec la collaboration des services de Grande-Bretagne, intéressés par l'eau lourde destinée aux piles atomiques.

* * *

Des recherches sont poursuivies sur un nouveau procédé de traitement des betteraves à sucre : l'épuisement des cossettes par l'action de la vapeur sous pression, suivie d'une brusque détente. Celle-ci aurait comme effet de désagréger les cellules et fournirait un plus grand rendement que les procédés classiques de diffusion.

* * *

Les charbonnages de Brambauer bei Lünen, en Westphalie, étudient le transport par pipe-line du charbon pulvérisé destiné à l'alimentation de la centrale thermique de Lünen. La distance à couvrir est de l'ordre de 4 km et le tonnage prévu de 1 000 t par jour.

* * *

D'après des recherches effectuées par le département de dermatologie de l'Université de Maryland, l'antibiotique terramycine serait efficace contre les infections cutanées de caractère opiniâtre telles que la furonculose, l'acné et l'impétigo.

LA NATURE

Revue mensuelle

DUNOD, Éditeur

92, rue Bonaparte, PARIS-6e

C. C. P. Paris 75-45 — Tél. DAN. 99-15

ABONNEMENTS 1954

France et Union fse : **un an : 2000 francs six mois : 1 000 francs**

Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) : **un an : 2 500 francs six mois : 1 250 francs**

Belgique et Luxembourg : **un an : 325 f belges six mois : 163 f belges**

Changement d'adresse : 30 F en timbres-poste français ou l'équivalent en monnaie étrangère

N° 3226 Février 1954

LA NATURE

La grande industrie chimique en France

LE SEL

matière première de l'industrie chimique

Alors que les industries mécaniques, métallurgiques, électriques, font l'objet de fréquentes et copieuses vulgarisations, l'industrie chimique est souvent oubliée, malgré sa croissante importance dans le monde moderne. C'est ce que notait le professeur Henri Guérin, qui enseigne la chimie industrielle à la Faculté des sciences de Nancy et à l'École nationale supérieure des industries chimiques, au début d'une série d'études qu'il a publiées dans La Nature *(février, avril, juin et août 1952) sur l'évolution récente de l'industrie de l'acide sulfurique en France. Voici aujourd'hui une nouvelle mise au point sur le sel, matière première aussi indispensable et aux usages aussi variés.*

★

Nous allons poursuivre l'examen de la grande industrie chimique en étudiant les diverses fabrications utilisant le chlorure de sodium comme *matière première* : carbonate de sodium, sulfate de sodium, chlore et soude, chlorures décolorants, etc., qui exigent chaque année des tonnages importants de sel ou de saumure, c'est-à-dire de solutions saturées de chlorure de sodium.

Il paraît intéressant d'exposer au préalable comment on se procure actuellement ce sel, matière première industrielle, mais aussi *produit fini* indispensable à l'homme, qui en consomme selon les latitudes de 3 à 12 kg par an (8 kg en France), qui en donne au bétail et qui l'emploie pour des usages divers : tannerie, pêches, fabrication de la glace, etc.) (tableau I).

Tableau I

Utilisations du sel en France en 1952 (en tonnes).

Alimentation humaine	337 000
Consommation agricole	65 000
Pêche	54 000
Grande industrie chimique	423 500

Il convient d'y ajouter près de 1 500 000 t de sel utilisé directement à l'état de saumures.

On doit toutefois insister sur le fait que ces divers usages correspondent à une consommation globale de l'ordre de 900 000 t de sel solide. La production française, de l'ordre *d'un million* de tonnes, nettement excédentaire, permet des exportations dont l'importance est variable (72 000 t en 1952).



Fig. 1. — *Les Salins de Giraud vus du haut d'une camelle.*
(Compagnie Salinière de la Camargue).

Cette production a des sources très différentes (tableau II) :

1° La récolte du *sel marin*, dans les marais salants : salins de la Méditerranée ou salines de l'Atlantique, après une évaporation de l'eau de mer sous l'action du soleil et du vent, est sujette aux conditions atmosphériques et par suite considérée comme une *opération agricole*, dont la récolte est aléatoire.

2° L'exploitation des *mines de Lorraine* fournit le *sel gemme*, généralement utilisé tel quel, mais qu'un nouveau procédé permet de raffiner en donnant le *sel de flamme*.

3° Enfin, dans les *salines ignigènes* de Lorraine, de Franche-Comté et du Sud-Ouest, un *procédé industriel* consistant essentiellement à évaporer sous l'action de la chaleur et éventuellement du vide les saumures obtenues par dissolution *in situ*, fournit le *sel raffiné* ou *ignigène*.

Tandis que la production de sel gemme et de sel ignigène est assez stable, celle du sel marin peut varier dans de très larges mesures.

Récolte du sel marin. — L'évaporation de l'eau de mer, dans ces immenses cristallisoirs que constituent les marais salants, est sans doute l'une des plus anciennes « opérations industrielles » que l'homme ait pratiquée. Si cette technique a su passer du plan artisanal à celui de la grande entreprise, qui caractérise certains salins de la Méditerranée, elle n'a pu se libérer des conditions impératives qu'exige l'évaporation : nombre suffisant de jours de soleil et de vent, nombre minimum de jours de pluie, de sorte que la possibilité d'exploiter des marais salants est limitée à des régions déterminées et que, parmi celles-ci, des différences de conditions climatiques se traduisent par des variations considérables de rendement. C'est ainsi qu'en France, les Salines de l'Ouest, qui couvrent environ 5 000 ha, produisent en moyenne 50 000 t de sel, alors que les Salins de la Méditerranée, dont la surface est sensiblement le double, récoltent en moyenne 500 000 t, soit dix fois plus. Aussi, tandis que les exploitations de l'Atlantique (2 500 salines) ont gardé un caractère artisanal, les Salins de la Méditerranée (au nombre d'une vingtaine) qui travaillent dans des conditions beaucoup plus favorables ont permis de réaliser des exploitations de grande envergure, où la mécanisation est très poussée : Salins de Giraud (fig. 1 à 4), Salins du Midi (fig. 5 et 6), etc., qui seules retiendront notre attention.

Tableau II

Production du sel en France en 1952
(en tonnes).

Sel marin :		
Salins de la Méditerranée (au nombre de 23)	619 711	654 111
Marais salants de l'Atlantique (au nombre de 2 000)	35 400	
Sel gemme :		
Mines de Lorraine (3)	140 658	141 764
Mine du Sud-Ouest (1)	1 106	
Sel ignigène :		
Salines de Lorraine (17)	182 301	275 606
Salines de Franche-Comté (6)	60 385	
Salines du Sud-Ouest (5)	32 920	
Production totale		1 071 481

Principe de l'exploitation des marais salants. — Le problème consiste donc à obtenir par évaporation, sous l'action combinée du soleil et du vent, et par cristallisation fractionnée le sel contenu dans ce milieu très complexe que constitue l'eau de mer. La salure très élevée de la Méditerranée correspond à une eau de densité 1,027 (3° Bé) renfermant 36,6 g de sels dissous par litre dont la composition est la suivante :

ClNa	28,5 g	ClK	0,8 g
Cl_2Mg	3,5 g	CO_3Ca	0,12 g
SO_4Mg	2,4 g	BrNa	0,083 g
SO_4Ca	1,3 g		

Supposons 1 000 l d'eau de mer soumis à l'évaporation ; ils se débarrassent d'abord par simple décantation des particules en suspension (sable, vase, débris organiques, oxydes de fer) ; la concentration se poursuivant, le carbonate, puis le sulfate de calcium se déposent et ce n'est qu'après une préconcentration, amenant l'eau à une densité de 1,213 (26° Bé) au dixième environ de son volume initial, que le chlorure de sodium commence à cristalliser.

Le dépôt de chlorure de sodium (25 000 g environ), légèrement souillé de sulfate de calcium et de sels de magnésium, se poursuit, alors que la densité de l'eau passe de 1,213 (26° Bé) à 1,300 (32° Bé) et que son volume se réduit de 112 à 20 l.

Au delà de cette densité, la solution devient saturée en SO_4Mg, $7H_2O$ et ce sel, en se déposant au froid, la nuit, souille par trop le chlorure de sodium. On arrête l'évaporation, laissant dans l'eau le dixième du chlorure de sodium qu'elle contenait initialement. Les eaux-mères ainsi obtenues peuvent être traitées en vue de l'obtention des sels de magnésium ; sinon, elles sont rejetées ou remises en circulation pour augmenter, par coupage, la concentration d'eaux plus faibles. Il convient alors de recueillir le sel, éventuellement de le laver avec de l'eau saturée de sel afin d'éliminer par dissolution les sels de magnésium plus solubles et, par entraînement mécanique, le sulfate de calcium insoluble, très fin, qui s'est déposé ; on rassemble le sel en tas considérables d'où la pluie ruisselante enlève une bonne part des sels de magnésium et où il sèche, c'est donc en principe une technique apparemment simple, mais des difficultés viennent la compliquer.

Notons d'abord que la succession des opérations doit s'effectuer entre avril et septembre et que, selon les conditions climatiques, l'évaporation sera plus ou moins active ; ayant observé qu'au cours de l'évaporation, l'eau de mer prend diverses teintes et passe à un certain moment par une coloration rouge, on a tenté d'accroître artificiellement l'évaporation par addition de certains colorants.

Des pluies importantes peuvent compromettre la récolte en diluant des eaux déjà concentrées, et on ne saurait trop



Fig. 2. — ***Pelle mécanique ramassant le sel et le déversant sur un tapis convoyeur, aux Salins de Giraud.***
(Compagnie Salinière de la Camargue).

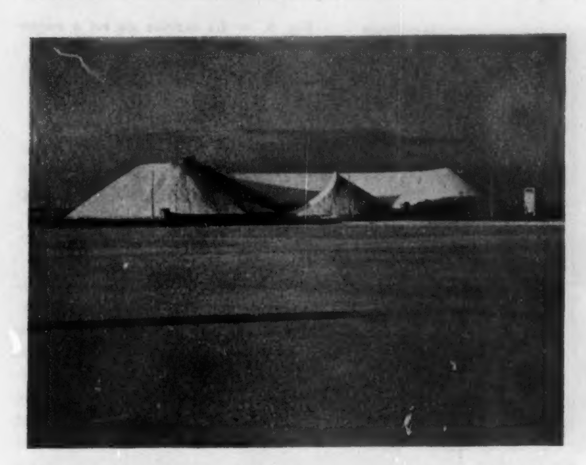


Fig. 3. — *Mise du sel en tas : la formation d'un haricot aux Salins de Giraud.*
(*Compagnie Salinière de la Camargue*).

insister sur l'art des sauniers qui, en se réglant sur les densités relevées dans les divers bassins et en tenant compte des prévisions météorologiques, réussissent à maintenir les concentrations à des valeurs déterminées ; l'eau de pluie qui tombe sur des saumures concentrées (25° par exemple) reste à la surface et elle peut être éliminée par un système de surverses et évacuée par des égouts.

Les indications numériques que nous avons données supposent que les 1 000 l d'eau en question ne subissent qu'une concentration ; en fait, ces eaux s'infiltrent d'une façon non négligeable puisqu'en Camargue, par exemple, alors que la simple évaporation donnerait 100 m^3 de saumure à 26° Bé, on n'en obtient que 52, soit une perte de 48 pour 100. L'imperméabilisation des surfaces saunantes, déjà fort étudiée, n'a pas donné, semble-t-il, des résultats entièrement satisfaisants.

Pratique de l'exploitation des marais salants. — Nous examinerons maintenant succinctement comment on conduit pratiquement les diverses phases de l'opération.

L'eau de mer qui, en l'absence de marées, doit être pompée, est répandue sur une épaisseur moyenne de 30 à 40 cm sur les *surfaces préparatoires*, constituées par de simples étangs ou par des plans aménagés dont la surface atteint 160 m^2 par tonne de sel récolté et sur lesquels elles circulent soit par gravité, soit à l'aide de roues élévatoires qui les remontent périodiquement. Bien que représentant des quantités importantes, le carbonate et le sulfate de calcium (6 kg par tonne de ClNa) qui se déposent au cours de la *préconcentration*, ne sont généralement pas recueillis ; seule une certaine quantité de sulfate est parfois utilisée pour imperméabiliser les tables saunantes.

Dès que les eaux sont saturées en ClNa (26° Bé) elles sont dirigées sur les *tables saunantes* ; bassins de 1,5 à 2 ha dont les berges ont environ 30 cm de hauteur et dont le sol, qui a été nivelé par roulage, est constitué soit par de l'argile battue, soit par un revêtement de sulfate de calcium provenant des surfaces préparatoires. Sur ces tables groupées en séries de 6 à 8 et dont la surface atteint 12 m^2 par tonne de sel récolté, les eaux circulent par gravité.

L'alimentation, qui commence à la fin d'avril, s'opère avec des eaux mises en réserve à la fin de la campagne précédente, sur plusieurs séries en parallèle avec des épaisseurs d'eau de 10 à 15 cm.

Lorsque la couche de sel atteint 5 à 10 cm, vers la mi-août, on découvre les tables et on lève le sel. Dans les exploitations modernisées et mécanisées que sont les grands salins, on a abandonné les pelles à main pour des pelles mécaniques, montées sur chenilles. Ces engins sont pourvus à l'avant d'un bec articulé qui s'insère entre la couche de sel et le sol de la table et détache un véritable copeau de sel de 1 à 2 m de largeur, qu'un transporteur à courroie ou à godets élève à une hauteur suffisante pour permettre son chargement dans des appareils qui assurent le transport à l'atelier de stockage (fig. 2). Alors qu'on utilisait, il y a encore quelques années, des wagonnets circulant sur des voies démontables, installées de place en place sur les tables, on emploie maintenant soit des bennes montées sur pneus, soit des transporteurs à courroies sur chenilles, qui alimentent les wagonnets circulant sur une voie fixe posée sur un des chemins qui bordent les tables.

Le sel est déversé dans une grande fosse en ciment où il est lavé à contre-courant par une saumure saturée, recyclée après décantation. Repris par des chaînes à godets, il est égoutté et déposé sur un élévateur qui, en pivotant sur lui-même, va le déposer sur le gravier en formant les *camelles* (fig. 1 et 4). Celles-ci constituent des tas de section rectangulaire ayant 10 à 15 m de haut et jusqu'à 1 km de longueur, où le sel continue à s'épurer en abandonnant les sels magnésiens déliquescents ; il peut subir, du fait des pluies, une perte de 2 à 3 pour 100 par an. Lorsque l'élévateur, au lieu de se déplacer le long des



Fig. 4. — *La reprise du sel à partir d'une camelle aux Salins de Giraud.*
(*Compagnie Salinière de la Camargue*).

bassins, pivote autour d'un point bas situé à l'extrémité du transporteur d'égouttage, les tas prennent la forme d'un tore à section triangulaire auquel on donne le nom de *haricot* (fig. 3).

Le sel est ensuite repris à l'aide de dispositifs mécaniques qui chargent des wagons le transportant au quai d'embarquement, soit directement, soit après un broyage dans des broyeurs à cylindres et une éventuelle dénaturation (fig. 4, 5 et 6).

Extraction du sel gemme. — Des gisements de sel existent en France, en Lorraine, dans le Jura, dans le Sud-Ouest et en Alsace, au-dessous de couches de sels de



Fig. 5. — *La reprise du sel à partir d'un haricot, à Aigues-Mortes.*
(*Compagnie des Salins du Midi, photo* MAURICE BERNARD).

potassium. Seul le gisement lorrain donne lieu à une extraction minière notable, dans les installations de Saint-Nicolas, de Varangéville et d'Einville. Le sel gemme, dans une formation d'origine triasique, le keuper, alterne avec des lits de marnes, de gypse et de calcaire ; il contient le plus souvent des matières argileuses qui le colorent en gris sale, en blanc et parfois en rouge ou en bleu.

Ses principales impuretés sont le sulfate de calcium et les marnes comme l'indique la composition suivante d'un échantillon :

ClNa, 93,8 pour 100 ; Cl_2Mg, 0,093 pour 100 ; Cl_2Ca, 0,05 pour 100 ; SO_4Ca, 3,07 pour 100 ; matières insolubles, 2,74 pour 100 ; eau, 0,2 pour 100.

On a décelé onze couches de sel d'une épaisseur totale de 65 m, échelonnées à des profondeurs comprises entre 76 et 138 m, la onzième atteignant une épaisseur de 22,7 m. C'est cette dernière qui est généralement exploitée sur une hauteur voisine de 5 m, par la méthode des piliers abandonnés, laquelle consiste à creuser deux séries de galeries de 15 m de large, perpendiculaires entre elles et laissant par conséquent des piliers à base carrée, de 10 à 15 m de côté. Du fait de la puissance de la couche et de la cohésion du sel, ces piliers rendent le boisage inutile.

L'absence de grisou et de poussières siliceuses (et par conséquent de silicose), un aérage convenable dû aux larges galeries, où règne une température constante voisine de 15°, diminuent beaucoup la peine et les risques et permettent l'emploi de l'électricité.

Les trous de mines sont forés par des perforatrices électriques rotatives et l'abattage s'opère à l'aide d'explosifs. Des scrappers à estacade mobile ou des pelles mécaniques (fig. 7) assurent le chargement des bennes, qui sont conduites par des tracteurs électriques jusqu'à la recette inférieure des puits d'où des cages suspendues à des câbles d'aloès, préférables aux câbles d'acier du fait de l'oxydation que favorisent les poussières de sel, les remontent au jour.

Le sel gemme, éventuellement broyé et dénaturé, est surtout livré à l'agriculture et à l'industrie, ses impuretés ne permettant pas de le destiner, en période normale, à la consommation humaine (sel *égrugé* des périodes de crise).

Obtention du sel de flamme. — Une méthode d'épuration du sel gemme mise au point par M. Creissels aux Mines de Saint-Nicolas permet de préparer un sel pouvant concurrencer le sel ignigène ; son usage est susceptible de se développer. Elle consiste à séparer le chlorure de sodium des impuretés qui le souillent (sulfate de calcium et marne) par fusion et liquation. Dans un four rotatif, chauffé au mazout, on charge environ 5 t de sel gemme que l'on porte en 4 heures à une température supérieure à 800° (température de fusion de ClNa). La masse étant fondue, le sel se sépare des impuretés plus denses, il est coulé dans des lingotières (fig. 8) et, après refroidissement, broyé, criblé et mis en paquets.

L'obtention d'un kilogramme de sel, à partir du sel gemme, n'exigerait par ce procédé que 1 000 calories. On produit ainsi mensuellement environ 1 500 t de sel ignigène, dont l'absence d'hygroscopicité est remarquable.

Fabrication du sel ignigène. — Alors que le sel gemme n'est pratiquement extrait qu'en Lorraine (voir tableau II), la Lorraine, la Franche-Comté et le Sud-Ouest produisent du sel ignigène à partir de la dissolution *in situ* du chlorure de sodium.

La saumure est obtenue à l'aide de sondages : trous cylindriques verticaux forés par percussion ou rotation, che-



Fig. 6. — *Le chargement du sel en wagons, à Aigues-Mortes.*
(*Compagnie des Salins du Midi, photo* M. BERNARD).

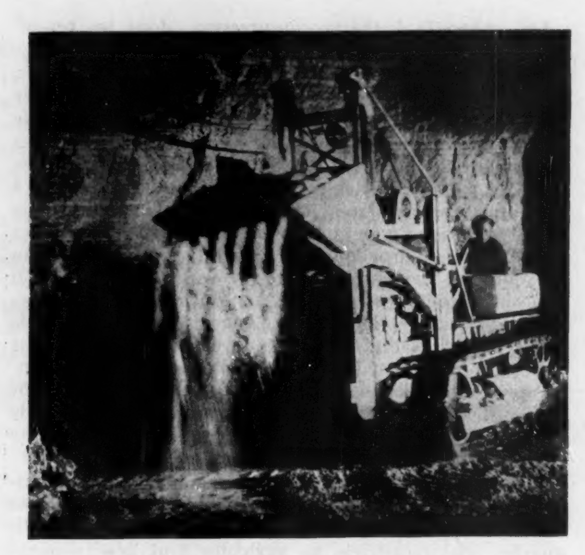


Fig. 7. — *Pelle mécanique en action dans les mines de Saint-Nicolas (Meurthe-et-Moselle).*
(*Photo* MAURICE BERNARD).

misés par des tubes d'acier à l'intérieur desquels on introduit un autre tube d'acier coaxial de plus faible diamètre : l'eau injectée dans l'espace annulaire dissout au fond le sel en formant une chambre de dissolution ; elle se sature et monte dans le tube intérieur à un niveau d'où une pompe, actionnée par une machinerie simple, la refoule à la saline. Le sondage (dont la profondeur est en Lorraine de l'ordre de 200 m et dont le diamètre atteint de 50 à 60 cm en surface et 30 cm à son extrémité inférieure) traverse fréquemment des couches d'eau douce qui, s'infiltrant autour du tube d'acier, alimentent la chambre de dissolution sans qu'il soit nécessaire d'envoyer de l'eau, ni d'utiliser deux tubes concentriques.

Les deux tubes concentriques sont par contre nécessaires lorsque, travaillant par émulsion, comme à Salies-du-Salat, on envoie de l'air comprimé dans le tube central, tandis que l'eau salée et l'air remontent dans l'espace annulaire.

De tels sondages, qui fournissent jusqu'à 20 000 t de sel par an, soit 10 m³ de saumure par heure, peuvent servir de nombreuses années sans interruption. Il se produit dans certains cas un effondrement du sondage, pouvant se répercuter en surface.

Les saumures qui proviennent ainsi de la dissolution du sel gemme et dont nous avons donné un exemple de composition, sont sensiblement saturées en chlorure de sodium (environ 300 g par litre) et contiennent les impuretés solubles accompagnant ce sel : SO_4Ca, sels de magnésium, ainsi que certains produits en suspension.

Un volume important de ces saumures, correspondant à près de 1 500 000 t de sel, est directement utilisé par l'industrie chimique.

Une trentaine de salines les emploient pour la préparation du sel *ignigène*.

La composition de ces saumures étant beaucoup moins complexe que celle de l'eau de mer, il s'agit ici d'une simple évaporation totale, après une décantation, suivie *éventuellement* d'une élimination des sels de calcium et de magnésium par addition d'eau de chaux et de soude.

L'expérience ayant montré qu'on ne pouvait pas obtenir de « gros sel » à partir de saumures épurées, l'élimination de ces impuretés n'est envisagée que dans le cas de la préparation du sel fin. La dimension des cristaux obtenus est également fonction de la température à laquelle on travaille, le grain étant d'autant plus gros que la température est plus basse, c'est-à-dire qu'il se forme plus lentement ; elle dépend enfin de l'agitation de la saumure, celle-ci gênant le grossissement des cristaux, et du temps de séjour des cristaux au contact de la saumure.

Mis à part le problème de la corrosion, que pose le traitement de ces saumures, vis-à-vis desquelles le fer pur, la fonte, l'acier au nickel-chrome 18/8, le cuivre, l'alliage Monel résistent assez bien, cette évaporation soulève une question importante, celle de l'économie des calories, d'autant plus vitale que le sel, même épuré, est un produit de faible valeur. La recherche de cette économie a



Fig. 8. — *Coulée du sel de flamme au four rotatif, à Saint-Nicolas.*
(*Photo* MAURICE BERNARD).

suscité les progrès de cette industrie, évolution qui se traduit par l'emploi d'appareils d'évaporation modernes, dont le rendement est de plus en plus élevé.

Pourtant, ces appareils modernes dont l'installation est coûteuse et l'entretien assez délicat sont encore concurrencés avec succès par le vieux système des poêles, robustes, d'un entretien facile et qui peuvent être chauffées avec des combustibles pauvres.

Les *poêles rectangulaires*, dans lesquelles on prépare le sel gros, sont des bassins de 20 à 30 m de long, de 7 à 8 m de large et de 0,7 à 0,8 m de profondeur, en tôles d'acier, rivetées ou soudées électriquement et chauffées à leur partie inférieure par les carneaux d'un foyer. Un toit appelé « manteau » sert à la fois à calorifuger l'appareil et à égoutter le sel.

La saumure non épurée est portée à une température de 80° à 90° ; le sel se dépose, au fur et à mesure de l'évaporation, sur le fond des poêles d'où il est extrait chaque jour à l'aide d'un râteau (*rable*) puis jeté sur le manteau où il forme un tas (voir la couverture de cette revue).

Le sulfate de calcium produit des dépôts (*schlotts*) adhérents au fond, qu'on doit éliminer tous les deux ou trois mois.

Compte tenu de ces arrêts périodiques, ces poêles fournissent de 150 à 200 t de sel par mois avec une consommation d'environ 40 kg de charbon à 6 500 calories par 100 kg de sel, soit 2 600 calories pour 1 kg. Ces appareils peuvent être équipés avec des foyers brûlant des schlamms ou du poussier de coke.

Les *poêles rondes*, destinées à la fabrication du sel fin, sont généralement alimentées en saumure épurée que l'on maintient à sa température d'ébullition (108°) ; constituées par des bacs de 7 à 8 m de diamètre et de 1 m de profondeur, elles sont munies d'agitateurs qui ratissent le fond, éliminant ainsi les cristaux formés, sans leur laisser le temps de grossir, vers une poche extérieure où le sel est le plus souvent repris à l'aide d'une vis d'Archimède. La vapeur produite peut être utilisée pour chauffer des poêles rectangulaires munies d'un double fond, dites de récupération.

Un ensemble poêle ronde-poêle rectangulaire de récupération permettrait d'obtenir 100 kg de sel (60 kg de sel fin et 40 kg de sel gros), avec 30 kg de charbon à 6 500 calories, soit 1 950 calories par kilogramme de sel.

Les installations modernes emploient les appareils à multiples effets ou à compression de vapeur.

Les *évaporateurs à multiples effets*, introduits initialement en sucrerie, consistent par exemple à utiliser trois corps d'évaporation que parcourt successivement le liquide à évaporer.

Le premier corps seul reçoit de la « vapeur vive » ; en admettant que le liquide à évaporer ait été porté au préalable à la température d'ébullition, la condensation de la vapeur vive dans le faisceau tubulaire de cette chaudière permet l'évaporation d'une quantité équivalente de vapeur, qui est envoyée dans le corps suivant ; la condensation de cette vapeur est à même de libérer une quantité équivalente de vapeur dans ce deuxième corps, à la condition de créer dans celui-ci une certaine dépression grâce à laquelle l'ébullition s'y produit à une température un peu plus faible, pour compenser les pertes de chaleur. La vapeur ainsi formée va se condenser à son tour dans le troisième corps en permettant l'évaporation d'une nouvelle quantité de vapeur équivalente si, bien entendu, la pression dans le troisième évaporateur est telle que l'ébullition puisse s'opérer à une température plus basse.

Un triple effet permet donc d'évaporer 3 kg d'eau par kilogramme de vapeur vive, à la condition de faire dans les trois évaporateurs des vides respectifs de l'ordre de 35, 60 et 70 cm de mercure, et de porter la saumure initiale à sa température d'ébullition, par un apport extérieur de calories.

Pratiquement, les trois corps évaporateurs dont les faisceaux sont en cuivre plongent dans une même bâche ouverte dans laquelle le sel, qui se dépose, est poussé par une vis d'Archimède vers une extrémité où il est extrait par une pompe à vide ou une chaîne à godets, puis séparé des eaux-mères dans une essoreuse continue et éventuellement séché dans un four à soles ou un four rotatif. Il peut être débarrassé du sulfate qu'il contient par un lavage à l'aide d'une saumure épurée.

Dans de tels appareils, la production d'un kilogramme de sel n'exige plus que 1 400 à 1 500 calories.

Les *appareils à thermocompression*, dont les rendements sont équivalents, seraient plus simples.

Grâce à une tuyère de détente, 1 kg de vapeur vive admis dans le thermocompresseur entraîne par exemple 2 kg de vapeur à la pression atmosphérique provenant de la solution en ébullition, de telle sorte qu'on refoule dans la chambre de chauffe 3 kg de vapeur à une pression de 1 275 kg par centimètre carré (pression qui correspond à la température de 108° régnant dans la chambre de chauffe). Ces 3 kg se condensent à l'extérieur des tubes du faisceau en provoquant l'évaporation de 3 kg d'eau qui donnent naissance à 3 kg de vapeur à la pression atmosphérique ; sur ceux-ci, 2 kg sont repris par le thermocompresseur et le troisième, correspondant au poids de vapeur vive admise, est employé dans le réchauffeur annexe pour amener le liquide d'alimentation à une température aussi voisine que possible de celle qui règne dans la chambre d'ébullition. Avec un appareil permettant de produire 500 à 1 000 t de sel par mois, on consomme environ 1 500 calories par kilogramme de sel.

Le sel destiné à l'alimentation humaine est parfois additionné d'une faible quantité de carbonate et de phosphate de calcium, afin de diminuer son hygroscopicité, tandis que les sels industriels ou agricoles sont généralement dénaturés.

Dénaturation du sel. — La dénaturation du sel destiné aux usages industriels ou agricoles, par addition de divers produits : oxyde de fer (ocre rouge), naphtaline, bleu de méthylène, etc., choisis pour ne point gêner l'emploi prévu, a été longtemps pratiquée pour des raisons fiscales.

On ignore en effet trop souvent que la gabelle, impôt si reproché à l'ancien régime, a survécu à la prise de la Bastille... Supprimée par l'Assemblée Constituante en 1790, elle réapparut sous l'Empire, en 1806, sous la forme d'un impôt indirect, lequel ne fut supprimé que le 31 décembre 1945... Cet impôt n'était pourtant pas négligeable, puisque vers 1850, 100 kg de sel d'une valeur de 10 F étaient soumis à un impôt de 100 F. On conçoit qu'une telle charge ait été peu favorable au développement de l'industrie chimique et que Schloesing et Rolland aient mis sur le compte de cet impôt du sel l'échec qu'ils ont essuyé lorsque, en 1854, ils ont tenté de réaliser industriellement la préparation du carbonate de sodium par le procédé à l'ammoniac.

L'impôt sur le *sel destiné aux usages agricoles et industriels* ayant été par la suite supprimé, ce sel devait alors être dénaturé pour l'empêcher de passer frauduleusement dans la consommation domestique.

La suppression définitive (?) de l'impôt en 1945 aurait dû logiquement faire disparaître cette dénaturation. Il n'en a rien été, car si la gabelle a enfin été théoriquement supprimée (le sel gemme et le sel ignigène sont encore soumis à la taxe à la production de 15 pour 100 qui ne frappe pas le sel marin considéré comme produit agricole), le prix du sel varie selon l'usage auquel il est destiné et les producteurs doivent empêcher, éventuellement en le dénaturant, que le sel vendu à un bas prix à l'industrie chimique ou à l'agriculture ne soit détourné comme « sel de consommation » ou « sel alimentaire » dont le cours est nettement plus élevé en raison de la politique suivie par la Direction des prix.

Henri Guérin,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

LA VISION BINOCULAIRE

Depuis que le cinématographe existe, le problème de faire voir aux spectateurs les images projetées avec un certain relief, c'est-à-dire le problème d'ajouter une troisième dimension (la profondeur) aux deux dimension de l'écran (largeur et hauteur), a périodiquement retenu l'attention. En ce moment, pour se défendre contre la concurrence de la télévision, le monde du cinéma s'intéresse vivement à cette vieille question. Le professeur Yves Le Grand, dont on a pu lire précédemment dans cette revue les articles sur les bases fondamentales de l'optique physiologique, exposera ce problème pour nos lecteurs ; mais auparavant, il était nécessaire de rappeler par quel mécanisme s'effectue la perception spatiale du relief, et c'est le but du présent article.

★

Facteurs monoculaires du sens de la profondeur. — L'image monoculaire n'étant qu'une projection sur une surface (la rétine) d'un monde à trois dimensions, il manque forcément à cette image, qui n'est qu'une perspective, un élément pour représenter d'une façon complète l'espace. Cependant l'expérience montre que certaines possibilités, assez limitées d'ailleurs, d'appréciation de la distance permettent à un borgne d'acquérir le sens de la distance en profondeur, quoique avec beaucoup moins de finesse que pour un sujet qui possède ses deux yeux.

La première possibilité est fournie par l'*accommodation* : dans un précédent article ([1]), nous avons rappelé que le muscle ciliaire, en déformant le cristallin, permet à l'œil de changer sa mise au point et de rendre nettes successivement les images d'objets situés à des distances différentes ; la sensation de l'effort accommodatif nécessaire pour voir de près peut donc renseigner le sujet sur la proximité de l'objet qu'il regarde. Mais l'expérience enseigne que ce mécanisme reste assez grossier et ne commence à fonctionner que pour les objets situés à moins de 1 m environ. C'est d'ailleurs heureux pour le problème du cinéma en relief, car l'accommodation du spectateur est évidemment constante, puisqu'il regarde un écran situé à une distance fixe. Cependant Helmholtz attribuait aux variations d'accommodation le fait bien connu que dans un dessin ou un tapis en rouge et bleu, le rouge semble plus proche que le bleu ; en réalité, le phénomène n'est frappant qu'en vision binoculaire et provient de déformations des images causées par l'aberration chromatique de l'œil.

Un second procédé d'estimation monoculaire de la distance, beaucoup plus efficace que le précédent, est fourni par le *mouvement* : si en forêt on lève la tête en fermant un œil, l'enchevêtrement des branches paraît inextricable ; mais dès qu'on marche, les parallaxes permettent de voir comment ces branches se répartissent en profondeur. De même au cinéma les effets de « traveling » mettent chaque plan à sa profondeur grâce à ses déplacements. Même si le point de vue reste fixe, le mouvement des objets suffit souvent à les situer en éloignement les uns par rapport aux autres ; tout bon cinéaste utilise consciemment ou non ce procédé pour aérer ses vues et leur donner de la profondeur (et, c'est pourquoi, au fond, le problème du relief ne me paraît pas si important au cinéma...).

1. *La Nature*, n° 3205, mai 1952, p. 148.

Un troisième élément d'appréciation est fourni par la *perspective* jointe aux ombres ; ainsi les dessins plans de boîtes d'allumettes que le docteur Tastevin avait présentés au Palais de la Découverte donnent une parfaite illusion monoculaire de relief. Le psychologue belge Nageotte a beaucoup étudié les lois de cet effet. A cette perspective linéaire, il faut ajouter la perspective dite *aérienne*, causée par le changement de couleur des objets avec l'éloignement, à la suite surtout du voile bleuâtre qu'interpose l'atmosphère ; dans les films en couleur, cet effet peut donner une illusion assez frappante d'espace.

Enfin il ne faut pas mésestimer les *effets perceptifs* qui proviennent de la reconnaissance d'objets connus, et d'objets vus globalement comme tels, avec leur profondeur. Ces effets sont mis en évidence dans les expériences classiques des psychologues, depuis l'escalier de Schröder, qui est centenaire ou presque, jusqu'à l'amusant dessin de Boring, qu'il intitule irrévérencieusement « la jeune femme et la belle-mère » (fig. 1), et où un jeune profil perdu ou une vieille caricature au nez crochu se substituent l'une à l'autre, avec un déclic quasi instantané au moment où l'une des représentations cède la place à l'autre, les deux n'étant jamais simultanées ; bien entendu ces deux figures sont perçues chacune avec leur forme propre dans l'espace.



Fig. 1. — *La jeune femme et la vieille femme.*
(D'après Boring)

Localisation binoculaire absolue. — Ouvrons maintenant nos deux yeux ; s'ils sont équilibrés, notre perception du monde acquiert du coup une plasticité propre qu'il est probablement aussi impossible de faire concevoir à un borgne que la couleur à un aveugle. Cette plasticité revêt deux formes, l'une absolue (à quelle distance est cet objet ?), l'autre différentielle (tel point est-il en avant ou en arrière de tel autre ?). Comme pour tous les renseignements que nous fournissent nos sens, cette seconde sensibilité est beaucoup plus fine que la première.

Commençons par le sens absolu de la profondeur ; bien que déjà meilleur que celui que nous donne la vision monoculaire seule, il est encore assez grossier et sujet à erreurs. On admet habituellement que son mécanisme provient de la *convergence* des axes des deux yeux : quand nous regardons un objet, nous disposons nos yeux dans les orbites de façon que les images de l'objet tombent, dans chaque œil, sur la *fovéa*, cette dépression de la rétine où la vision est le plus nette parce que les récep-

teurs y sont spécialement nombreux et possèdent chacun leur voie conductrice propre jusqu'au cerveau. Si l'objet est plus ou moins rapproché, il nous faut donc faire converger plus ou moins les axes de nos yeux, et l'effort correspondant des muscles droits internes qui assurent ce mouvement dans l'orbite est perçu comme un rapprochement de l'objet. En somme, ces axes des deux yeux fournissent l'élément d'une triangulation télémétrique, comme Descartes l'avait bien vu (fig. 3). Cette localisation absolue est assez médiocre, et cesse à partir de 5 m d'éloignement environ, mais il est facile de la mettre en évidence par des expériences simples, par exemple celle du papier de tenture : certains papiers peints, collés sur des murs, représentent des motifs qui se répètent périodiquement, avec un écartement moindre que celui des yeux ; si on fixe un même motif avec les deux yeux, on le voit dans le plan réel P où il se trouve : mais si on diminue la convergence, ou au contraire si on l'exagère, de façon que deux motifs voisins M et N soient vus chacun par l'un des yeux G et D (fig. 4) en fixation fovéale, alors la tenture se projette soit en arrière (plan P′), soit en avant (plan P″) du mur ; plus encore que par cette variation de distance, on est frappé par le changement de la *taille* apparente du motif, qui est grandi en P′ et diminué en P″ parce que son diamètre apparent ne change pas, mais qu'on le localise plus ou moins loin.

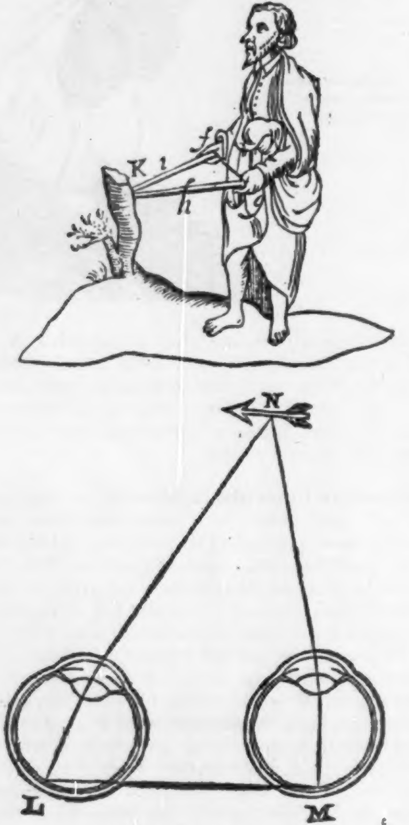


Fig. 2 et 3. — *L'appréciation binoculaire de la distance, d'après Descartes.*

En haut, un aveugle évalue au moyen de deux bâtons l'éloignement d'un obstacle. *En bas*, schéma de ce même mécanisme grâce à la vision binoculaire, l'écartement *fg* des mains devenant celui LM des rétines.

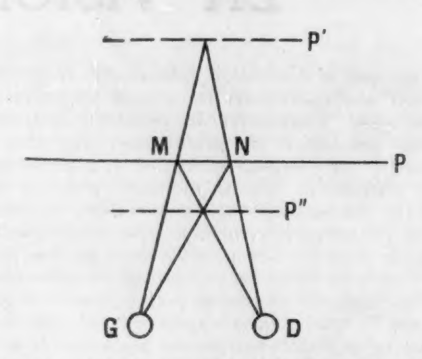


Fig. 4. — *Localisation des dessins d'une tenture d'après la convergence des axes des deux yeux.*

En P, le plan réel ; en P′ ou P″, les plans apparents.

Localisation binoculaire différentielle. — Le problème est maintenant tout différent : il s'agit de reconnaître que deux points A et B (fig. 5) sont situés à des distances différentes du sujet, à savoir $x + \Delta x$ et x. En principe, deux mécanismes différents peuvent concourir à cette perception d'une différence de profondeur : ou bien le sujet fixe successivement ces deux points, ce qui provoque un changement dans l'angle de convergence des axes des yeux, angle qui passe de la valeur α à la valeur plus grande β ; ou bien le sujet regarde à la fois les deux points (en fixant par exemple le milieu du segment AB), mais alors les deux images de ce segment sur les rétines ne sont pas égales, parce qu'elles correspondent à des angles visuels g et d différents. Il est facile de voir que l'on a la relation :

$$g - d = \beta - \alpha = p\,\Delta x : x^2$$

en désignant par p l'écart interpupillaire des yeux du sujet (de 6 à 7 cm environ). La valeur angulaire des deux mécanismes est donc la même : mais quelle importance relative faut-il leur attribuer dans la perception du relief ?

Ce problème a donné lieu à des débats qui ne sont pas encore clos. Depuis Euclide on sait que les deux images rétiniennes ne sont pas identiques, par suite de la différence des points de vue perspectifs, et cette *disparité* binoculaire joue évidemment un rôle dans le relief ; mais serait-il suffisant, en l'absence de mouvements des yeux, et par conséquent de variations de convergence ? Certaines expériences, où on perçoit le relief à l'éclairage quasi instantané d'étincelles ou de « flash » qui ne laisse pas aux yeux le temps de bouger, semblent le prouver ; cependant il est certain que les mouvements des yeux améliorent notre faculté de perception du

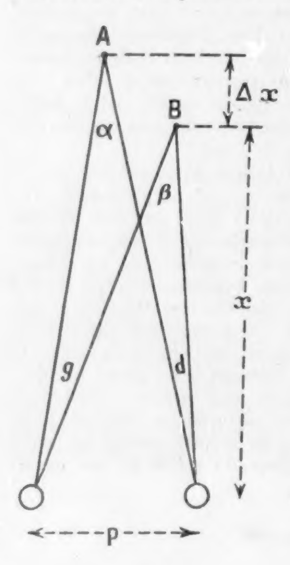


Fig. 5. — *Perception de la différence de profondeur des deux points A et B.*

relief, surtout quand les points dont on veut comparer l'éloignement ne sont pas très rapprochés dans le champ visuel.

Finesse du sens du relief. — La formule rappelée ci-dessus permet d'évaluer en angle (par exemple par la différence $g - d$) l'écartement minimum en profondeur que l'on peut percevoir entre deux points ; on trouve des valeurs extraordinairement petites, de l'ordre de 5 secondes d'arc et parfois moins, si le sujet possède une bonne vision binoculaire. Cela signifie qu'à 1 m de distance une différence de profondeur de 0,4 mm est juste perceptible, ou encore qu'un objet situé à 2 600 m est vu en avant d'un objet infiniment éloigné (ces résultats se déduisent de la formule en posant $p = 63$ mm).

Cette incroyable finesse est incomparablement meilleure que l'*acuité*, définie au moyen de la séparation limite de deux points juste discernables à une même distance, et qui est de l'ordre de la minute d'angle ; la seule faculté monoculaire qu'on puisse lui comparer en finesse est l'*alignement* de deux traits (comme dans un vernier), qu'on peut effectivement réaliser avec une précision de quelques secondes d'angle. Ce n'est probablement pas une coïncidence fortuite, et ces deux facultés (l'alignement monoculaire et l'appréciation de la différence de profondeur binoculaire) doivent vraisemblablement s'opérer par des mécanismes cérébraux analogues.

On a mis à profit la finesse du sens binoculaire de la profondeur pour réaliser de curieuses expériences ; par exemple en prenant des photographies du ciel nocturne pendant deux nuits différentes, et en orientant convenablement les deux clichés, on peut en faire un couple stéréoscopique où, sur les deux images, toutes les étoiles fixes occuperont les mêmes positions ; mais si dans le champ de l'appareil se trouve une petite planète, son mouvement propre se traduit par deux positions différentes, et le sujet verra cet astre à une profondeur différente du plan où semblent se trouver les étoiles fixes ; on a pu ainsi découvrir de nombreuses petites planètes.

Images doubles. — Bien que nous ayons deux yeux, l'objet que nous fixons du regard est habituellement vu simple, ainsi d'ailleurs que les objets situés à la même distance du sujet ; mais un objet notablement plus éloigné ou plus rapproché que le point fixé donne lieu à des images doubles ; cette *diplopie* a été décrite avec précision par le savant arabe Alhazen dès le XIe siècle, mais beaucoup de sujets ont du mal à la constater, parce qu'ils *neutralisent* une des images, et ne conservent que celle de l'œil *directeur* ; quand on veut convaincre un sujet incrédule de l'existence d'images doubles, le mieux est de réaliser la petite expérience simple suivante : tendre horizontalement une ficelle entre un mur distant de 1 m environ et le nez du sujet ; faire placer à celui-ci son doigt au milieu de la ficelle et le faire regarder son doigt ; il voit alors (à moins d'être fonctionnellement borgne) deux ficelles formant un x qui se croisent sur le doigt.

Helmholtz dit à ce propos : « Quand l'attention de quelqu'un a été attirée pour la première fois sur les images doubles en vision binoculaire, il est ordinairement fort étonné de penser qu'il ne les avait jamais remarquées auparavant, surtout quand il réfléchit que les seuls objets qu'il aît jamais vus simples étaient ceux, peu nombreux, qui se trouvaient à ce moment à la même distance du point de fixation. »

En réalité, quand deux objets sont à des distances peu différentes, il est inexact de dire que seul celui qu'on fixe est vu simple, et l'autre double ; à vrai dire, on les voit simples tous deux, mais à des distances qui sont perçues comme différentes ; ce n'est qu'au delà d'un certain écart en éloignement que la diplopie se manifeste, sans d'ailleurs que la perception de la profondeur cesse : même des images doubles permettent une localisation différentielle en profondeur exacte, qu'on peut constater à l'éclairage instantané.

Les images doubles donnent lieu à d'amusantes expériences ; en voici une qui est instructive. Étant debout, regardez le plancher au voisinage de vos pieds, et interposez vos deux index (à 40 cm environ de vos yeux), de façon qu'ils soient dans le prolongement l'un de l'autre, les ongles tournés vers vous et se touchant ; toujours en fixant le plancher, séparez lentement les doigts ; vous voyez alors apparaître entre eux, flottant dans l'air, un curieux organe rose possédant deux ongles aux extrémités, et qui est formé par la superposition des images doubles des deux doigts. Naturellement, dès qu'on cesse de fixer le plancher pour converger sur les doigts eux-mêmes, cette fantasmagorie disparaît, et on voit les doigts normaux (c'est maintenant le plancher qui est vu double, mais on a plus de mal à s'en rendre compte). Une expérience analogue est celle du « trou dans la main » où on regarde un paysage à travers un tube creux d'une vingtaine de centimètres de longueur et de 3 ou 4 cm de diamètre placé devant un œil, tandis qu'à 20 cm environ devant l'autre œil on place sa main ; on voit alors le paysage se découper à travers la main.

Points correspondants. — Pour expliquer la *fusion* des deux images rétiniennes, on n'a encore rien trouvé de mieux que ce que Huygens écrivait il y a trois siècles : « La Nature a pourvu d'une manière bien particulière à ce que les deux yeux ne fissent pas paraître l'objet double. C'est qu'elle a fait que chaque point du fond de l'œil a son *point correspondant* dans le fond de l'autre, en sorte que lorsque l'objet est peint dans quelques deux de ces points correspondants, alors il ne paraît que simple comme il est ». Ce qui signifie que l'excitation de deux points correspondants donne la sensation d'un point unique, et situé à la même distance que le point de fixation (lequel se peint au centre des fovéas de chaque œil) ; si deux points non correspondants, mais assez voisins tout de même de points correspondants, sont excités, on voit encore simple, mais en avant et en arrière du point fixé (aire de fusion de Panum) ; enfin si deux points franchement non correspondants sont excités, on voit double, à moins qu'une des images ne soit neutralisée.

Sur ce principe simple et assez logique, on bataille encore : la correspondance des rétines est-elle anatomique, donc innée, ou acquise par l'entraînement ? La tendance actuelle est de supposer une liaison anatomique, donc fixe, mais avec une très faible marge de réglage ; c'est ce que semblent prouver les expériences de Ogle et ses collaborateurs sur l'*aniséiconie*, c'est-à-dire une différence de taille entre les deux images rétiniennes, dans des conditions où elles devraient être égales. L'aniséiconie peut exister d'une façon naturelle et même donner lieu à des troubles binoculaires ; mais on peut aussi l'engendrer artificiellement en faisant porter au sujet des lunettes spéciales qui modifient légèrement la dimension de l'image correspondant à l'un des yeux (par exemple de 3 pour 100) ; on constate alors qu'au début le sujet est gêné et voit des déformations des objets ; puis en quelques jours de port constant de ses lunettes, il s'habitue et si l'on mesure alors son aniséiconie, on trouve une valeur un peu plus faible qu'au début, avec d'ailleurs des variations diurnes (elle est plus faible le soir que le

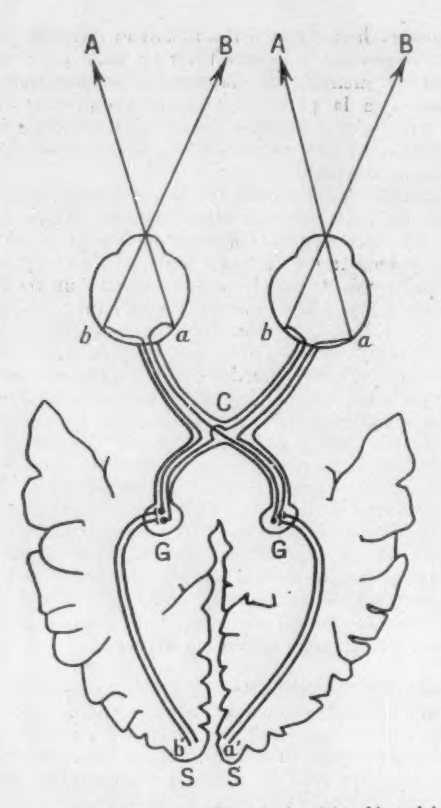


Fig. 6. — *Schéma anatomique de la vision binoculaire.*
Les rayons lumineux venant des points A et B donnent des images rétiniennes *a* et *b* et des « images corticales » *a'* et *b'* ; C, chiasma ; G, corps genouillés externes ; S, aire striée.

matin) ; si au bout d'une dizaine de jours on retire au sujet ses verres, il manifeste, le premier jour, de la gène et une aniséiconie en sens inverse, ce qui démontre qu'il y avait un certain processus d'adaptation, mais rapidement tout revient dans l'ordre.

La nécessité d'un mécanisme d'ajustement se démontre d'ailleurs par la considération suivante : chez 90 pour 100 des jeunes sujets ayant une bonne vue, on ne peut déceler d'aniséiconie même à 0,25 pour 100 près, ce qui représente une extraordinaire précision dans la mise en place des points correspondants : ces mesures se font ordinairement sur des longueurs de 4° environ, ce qui sur la rétine correspond à une distance de 1,2 mm ; l'égalité sur les deux rétines de cette longueur à 0,25 pour 100 près représente un ajustement moindre que 3 microns (0,003 mm), ce qui semblerait impossible sur des tissus relativement mous comme ceux des yeux si un ajustage après coup n'était effectué.

Bases anatomiques de la vision en relief. — Il est bien probable que, dans la fovéa, chaque cellule réceptrice (cône rétinien) possède une fibre nerveuse propre dans le nerf optique ; ce n'est certainement plus exact dans la rétine latérale où les cellules se groupent à plusieurs pour former une unité réceptrice, ce qui accroît la sensibilité lumineuse, aux dépens de l'acuité visuelle : il n'y a que 800 000 fibres dans le nerf optique, pour 7 millions de cônes et 120 millions de bâtonnets environ, dans chaque rétine.

Après un court trajet, les deux nerfs optiques se croisent, formant le *chiasma* ; une partie des fibres (près de 45 pour 100 chez l'homme) donnent un faisceau *direct*, c'est-à-dire tel que les fibres venant de l'œil droit vont vers l'hémisphère cérébral droit ; les autres fibres sont *croisées*, et parties de l'œil droit aboutissent à l'hémisphère gauche. Galien s'était déjà penché sur ce problème, et Newton cherchait à expliquer par cet entrecroisement partiel la vision simple avec les deux yeux. En réalité, cela semble plus compliqué : la fovéa de chaque œil possède à la fois des fibres directes et des fibres croisées, et serait donc représentée dans les deux hémisphères ; la moitié droite du champ visuel de chaque œil, qui à cause du renversement de l'image rétinienne correspond à la demi-rétine nasale droite et temporale gauche, serait uniquement représentée dans l'hémisphère cérébral gauche (et inversement). Le grand anatomiste espagnol Ramon y Cajal voulait voir là l'explication du « redressement » des images renversées des rétines ; en réalité, ce qu'on peut dire c'est que, par suite du croisement des voies motrices, c'est dans l'hémisphère cérébral gauche que s'élaborent les mouvements des muscles situés du côté droit du corps, et que la disposition anatomique des voies visuelles a donc l'avantage de rassembler dans un même hémisphère cérébral les renseignements visuels et les réactions motrices relatifs à un même côté.

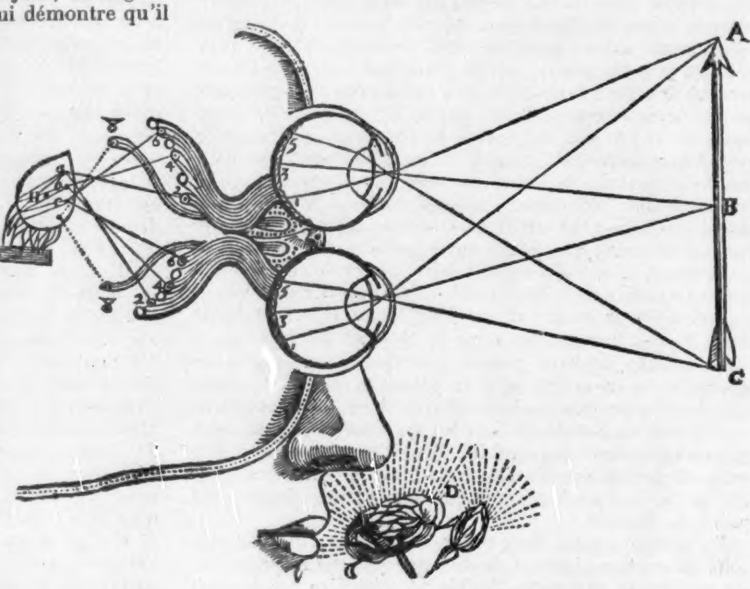


Fig. 7. — *Schéma de la vision binoculaire, selon Descartes.*
En H, la glande pinéale où sont supposées aboutir à la fois les excitations visuelles *a*, *b*, *c*, et l'excitation olfactive (en trait ponctué) provenant de la fleur D.

La plupart des fibres des nerfs optiques aboutissent à deux relais appelés corps genouillés externes (fig. 6), où l'on a parfois voulu voir un centre de fusion binoculaire, à cause de la contiguïté de cellules provenant des points correspondants des deux rétines ; mais il semble bien que les deux images arrivent séparément jusqu'au cortex cérébral et peuvent y être perçues séparément, comme le prouvent les phénomènes d'antagonisme et d'alternance des deux images, quand elles sont différentes. On admet donc plutôt que c'est au point terminal des messages sensoriels de la vision, dans l'aire striée qui est à la pointe arrière du cerveau, que la fusion binoculaire se produit, par un mécanisme sur lequel bien des hypothèses ont été avancées sans qu'aucune soit démontrée ; et faute de schéma anatomique certain, il vaut peut-être mieux regarder une vieille image empruntée à Descartes (fig. 7), qui contient bien des erreurs mais aussi un pressentiment de la réalité : Descartes a figuré naïvement la convergence des filets nerveux provenant des nerfs optiques (il ne figure que des fibres directes dans le chiasma) sur un même point de cette glande pinéale où il voyait le centre de la conscience, le point de contact entre l'âme et le corps. Que tant d'années après Descartes nous ne soyons pas beaucoup plus avancés que lui, malgré le travail acharné des générations de chercheurs, doit nous être une leçon de modestie.

Yves Le Grand,
Professeur au Muséum
et à l'Institut d'Optique.

La lumière comme source d'énergie pour mouvements d'horlogerie

Dans une communication présentée à l'assemblée générale de la Société Chronométrique de France en mai 1952 (*Annales françaises de Chronométrie*, 1953, VII, p. 216), M. Paul George a examiné les possibilités d'utilisation de sources d'énergie diverses pour actionner les mouvements d'horlogerie. Ces mouvements, ainsi que le note l'auteur, n'exigent pour leur fonctionnement que des quantités d'énergie très faibles; c'est ainsi qu'une montre de poignet demande 0,13 joule par jour, soit 47 joules par an, et la pendulette « Atmos », à pendule de torsion, alimentée par un moteur thermique et barométrique, se contente de 1,4 joule par an.

Parmi les sources d'énergie possibles on a proposé d'utiliser les ondes radioélectriques et les ondes sonores.

Une source d'énergie considérable, régulière, et qui se présente sous un faible volume, est celle du rayonnement des corps radioactifs : le fonctionnement d'une montre peut être assuré pendant plus de mille ans, en utilisant par exemple le rayonnement α émis par un centième de milligramme de radium. Un tel rayonnement est totalement indépendant des conditions physiques et il ne dépend que de la masse de substance employée.

La lumière fournit également une autre source d'énergie possible par l'intermédiaire des cellules photo-électriques qui transforment en énergie électrique une partie de l'énergie lumineuse qu'elles reçoivent.

Un prototype d'horloge mécanique alimentée par une photopile au sélénium a été réalisé en 1951 par M. Paul George. Cette horloge comporte un mouvement à remontage automatique assuré par un moteur très sensible à courant continu, alimenté par l'énergie électrique fournie par la photopile; un système de coupure automatique arrête l'alimentation du moteur dès que le ressort du mouvement est en fin de remontage. L'énergie électrique reçue par le moteur pendant le jour est supérieure à celle qui est nécessaire au fonctionnement de l'horloge pendant 24 heures, ce qui permet de constituer une réserve de marche importante. La photopile utilisée, d'un diamètre de 100 mm, a été avantageusement employée comme cadran de l'horloge.

Une maison suisse, qui a déjà réalisé l'horloge électronique dont nous avons rendu compte (*La Nature*, n° 3205, mai 1952, p. 156), a construit une pendulette sur le même principe. Le moteur — un micromoteur ONERA — est alimenté par l'énergie électrique fournie par un groupement de photopiles avec des réflecteurs, afin de récupérer le maximum de lumière.

Compte tenu du rendement de la transformation de l'énergie lumineuse en énergie électrique dans les photopiles et de la quantité d'énergie minime nécessaire au fonctionnement d'un mouvement d'horlogerie, il ne paraît pas impossible d'appliquer le même principe d'alimentation aux montres de poignet et aux horloges d'édifices et florales.

La vivacité d'esprit au téléphone

Parmi les multiples données des problèmes qui se posent aux techniciens des communications dans la recherche du meilleur rendement des lignes et installations téléphoniques, il y a la durée moyenne des conversations, que l'on voudrait réduire autant que possible. Cette durée dépend naturellement en grande partie de l'intelligibilité du discours téléphonique qui, à son tour, est fonction de la fidélité de la transmission, mais aussi de la façon dont s'exprime celui qui parle comme de la finesse d'ouïe et de la vivacité d'esprit de celui qui écoute.

Ces facteurs humains n'ont pas été négligés. Une méthode très simple pour en mesurer l'importance consiste à compter le nombre de fois où, au cours d'une communication, un interlocuteur a prié son correspondant de répéter ce qu'il venait de dire. Cette « table d'écoute » d'un genre spécial, s'autorisant d'une intention plus avouable que l'indiscrétion policière, a donné récemment en Allemagne des résultats statistiques assez curieux. Sur des circuits téléphoniques qu'on estime identiques, le nombre moyen des répétitions varierait selon deux rythmes, hebdomadaire et annuel. On se comprend le plus mal le lundi, le mieux le jeudi et le vendredi, et de nouveau un peu moins bien le samedi; on fait répéter davantage en été qu'en hiver.

Doit-on conclure que les aptitudes physiologiques et intellectuelles qui sont en jeu dans la conversation téléphonique sont affectées par le repos et les vacances ? Y a-t-il entraînement progressif au cours de la semaine, avec fatigue légère à la fin ? D'autres expériences seront nécessaires avant d'en décider.

Récepteurs de lumière et de rayonnement

4. Récepteurs quantiques (2ème partie) : Cellules photoémissives (tubes photoélectroniques)

Dans ses trois précédents articles (1), *M. Jean Terrien, après avoir exposé les principes qui sont à la base du fonctionnement des divers récepteurs de rayonnement et fixé leurs possibilités, puis décrit les récepteurs thermiques, où l'énergie lumineuse est transformée en chaleur, a étudié une première catégorie de récepteurs quantiques ou photoélectriques, ceux dans lesquels l'effet de la lumière est de déplacer des électrons au sein même de la matière et de les rendre aptes à contribuer au transport d'un courant ou à l'établissement d'une différence de potentiel. Les récepteurs qu'il décrit pour terminer sont au contraire le siège d'un effet photoélectrique externe : la lumière y provoque l'émission d'électrons hors de la matière, et ces cellules ont été appelées pour cette raison photoémissives.*

★

L'effet photoélectrique externe. — L'effet photoélectrique externe a été découvert par Hertz en 1887, pendant qu'il étudiait la production d'étincelles à la coupure de ses oscillateurs sous l'action des champs électromagnétiques oscillants à ondes courtes, identiques aux ondes radioélectriques, qu'il venait de découvrir. L'étincelle jaillit plus facilement lorsque le métal d'où elle doit partir est éclairé par de l'ultraviolet. En 1890, Julius Elster et Hans Geitel ont réalisé la première cellule photoémissive, contenant une surface d'amalgame de sodium ou de potassium enfermée dans une enveloppe de verre ; cet amalgame est porté à un potentiel négatif par rapport à une autre électrode ; dans le vide de l'ampoule, aucun courant ne passe à l'obscurité, mais les rayonnements visibles et ultraviolets provoquent l'apparition d'un courant. Une vingtaine d'années plus tard, il a été prouvé que les électrons, découverts entre temps, sont les porteurs de ce courant qui circule dans le vide. La lumière extrait du métal des électrons, en nombre proportionnel à l'éclairement, et le courant, qui ne peut être transporté que par eux, est également proportionnel à l'éclairement. C'est la première loi de l'effet photoélectrique externe.

Une deuxième loi, établie par l'expérience, a paru longtemps inexplicable : la vitesse avec laquelle s'échappent les électrons extraits par un rayonnement, donc leur énergie, est une fonction croissante linéaire de la fréquence de ce rayonnement. Max Planck et Albert Einstein ont mis en relation cette loi avec d'autres observations et montré qu'elles s'expliquaient si l'on admettait que l'énergie du rayonnement est concentrée en particules, appelées depuis photons, et que chacun de ces photons contient une énergie égale à $h\nu$, produit de la fréquence ν par la constante de Planck h. Lorsque la fréquence est inférieure à une certaine valeur ν_0, l'énergie de chaque photon $h\nu_0$ devient insuffisante pour vaincre les forces qui retiennent un électron dans le métal ; la fréquence ν_0 est le seuil de sensibilité du métal considéré. Une cellule est donc sensible aux radiations de longueur d'onde plus courte que celle du seuil.

Une étude systématique en vue de trouver la valeur exacte de ce seuil pour divers métaux a montré que les alcalins et principalement le cæsium, étaient sensibles au plus grand domaine spectral, et que les moindres contaminations superficielles modifiaient profondément la valeur du seuil, souvent dans un sens favorable. Aussi toutes les couches photosensibles des meilleures cellules photoémissives modernes contiennent-elles du cæsium, non pas pur, mais allié à divers autres éléments.

Les couches photoémissives. — La surface sensible à la lumière des cellules photoémissives modernes est obtenue en déposant sur un support de métal ou quelquefois de verre une des deux couches suivantes : cæsium sur argent oxydé, ou cæsium-antimoine. Ces couches sont préparées dans le vide et ne doivent à aucun moment entrer en contact avec l'air. La première a l'avantage d'être sensible, non seulement dans l'ultraviolet et le visible, mais aussi dans le proche infrarouge, jusqu'à 0,9 ou 1,2 μ selon les détails de préparation. La seconde, cæsium-antimoine, d'apparition plus récente, est insensible à l'infrarouge, mais son rendement est environ dix à quarante fois meilleur dans le visible et l'ultraviolet (fig. 1). Dans les conditions les plus favorables, des cellules commerciales du premier type utilisent effectivement 3 photons sur 1 000, celles du deuxième type 130 sur 1 000 ;

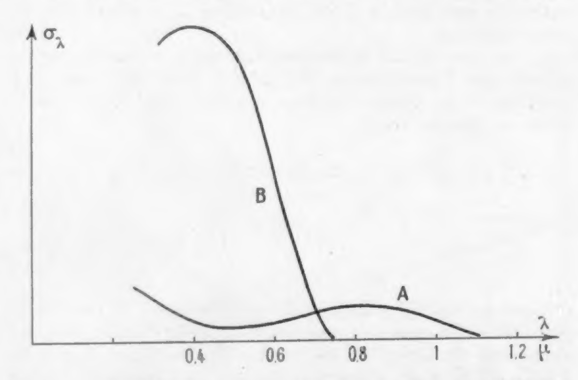


Fig. 1. — *Sensibilité des deux principales couches photoémissives aux diverses radiations du spectre : A, du cæsium sur argent oxydé ; B, du cæsium-antimoine.*

En abscisses, les longueurs d'onde ; en ordonnées, la sensibilité pour une même puissance de rayonnement donnée à chaque longueur d'onde.

1. Récepteurs de lumière et de rayonnement ; 1. Principes de leur fonctionnement et possibilités limites, *La Nature*, n° 3223, novembre 1953, p. 327 ; 2. Couples thermoélectriques et autres récepteurs thermiques, *La Nature*, n° 3224, décembre 1953, p. 362 ; 3. Récepteurs quantiques (1re partie) : Cellules photorésistantes et photopiles, *La Nature*, n° 3225, janvier 1954, p. 25.

les autres photons sont perdus, absorbés et convertis en chaleur. Ce rendement quantique peut être considéré comme assez bon ; celui de l'œil humain, dans les conditions optima, est 20 à 40 pour 1 000, c'est-à-dire du même ordre de grandeur.

Ces deux types de couches sensibles se retrouvent dans presque toutes les cellules ; mais le courant électrique des électrons libérés reste faible, plus faible que celui d'une photopile au sélénium. Aussi faut-il presque toujours amplifier le courant, soit par un amplificateur séparé, soit par un dispositif inclus dans le tube photoélectrique lui-même ; ces dispositifs font appel à l'ionisation d'un gaz à pression réduite, ou à la multiplication électronique.

Cellules photoémissives à vide. — Les plus simples des cellules photoémissives sont des tubes scellés vides d'air protégeant une cathode recouverte d'une couche photoémissive et une anode (fig. 2). A l'obscurité, aucun courant ne passe lorsqu'une différence de potentiel V est appliquée entre ces deux électrodes, ou bien il reste extrêmement faible. On peut donc dire que leur résistance est très forte. Si la cathode reçoit des radiations de longueur d'onde plus courte que son seuil photoélectrique, un courant apparaît dès que l'anode est positive par rapport à la cathode, courant qui croît d'abord avec le potentiel, puis reste constant (fig. 3, courbe V). Le palier de la courbe s'appelle le palier de saturation : tous les électrons libérés par le rayonnement sont captés par l'anode, et ce sont là les conditions normales de fonctionnement de la cellule. La tension de saturation V_s est 1 V si l'anode entoure la cathode (fig. 4), 100 V si l'anode est un simple fil métallique.

La résistance des cellules à vide étant très forte, on peut faire passer le courant photoélectrique dans une résistance extérieure dite résistance de charge R de 10^9 à 10^{11} ohms, ce qui fait apparaître aux extrémités de R une différence de potentiel mesurable au moyen d'un électromètre ou d'un tube électronique spécialement adapté à ces fortes résistances. Par cette méthode, on obtient avec ces cellules une sensibilité aux faibles rayonnements inaccessible aux photopiles ou à la plupart des cellules photorésistantes. Une cellule photoémissive est d'autant plus apte à la détection de lumières faibles que son courant d'obscurité est plus petit. Et c'est ce type de cellule qui est préféré pour les usages scientifiques et pour les mesures photométriques de haute précision (fig. 5).

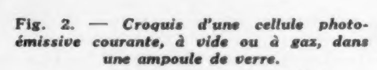
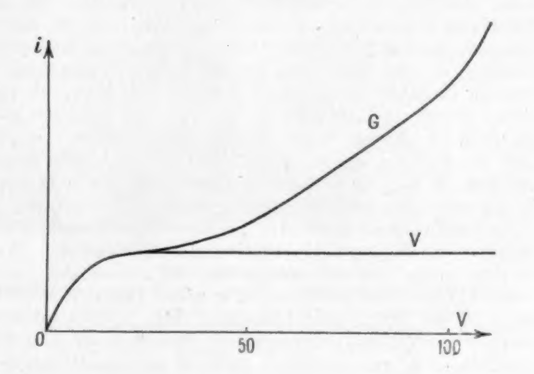


Fig. 2. — ***Croquis d'une cellule photoémissive courante, à vide ou à gaz, dans une ampoule de verre.***
A, anode ; C, cathode photoémissive.

Fig. 3. — ***Variation du courant d'une cellule photoémissive, sous un éclairement constant, en fonction de la différence de potentiel appliquée.***
V, cellule à vide ; G, cellule à gaz.



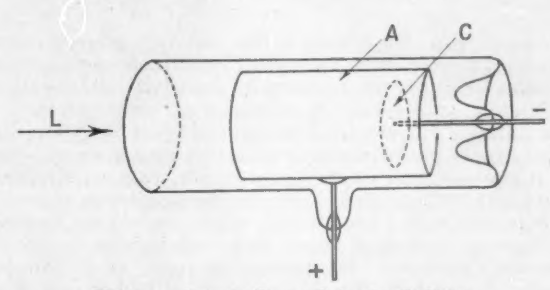


Fig. 4. — ***Croquis d'une cellule photoémissive à faible tension de saturation, pour la photométrie de précision.***
A, anode cylindrique ; C, cathode photoémissive ; L, faisceau de lumière

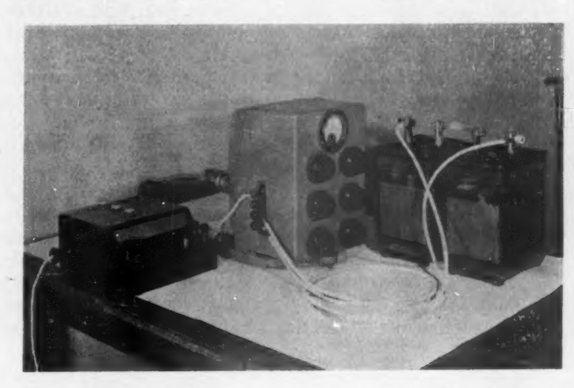


Fig. 5. — ***Ensemble de mesure pour la photométrie de précision.***
Au centre, le carter contenant la cellule de la figure 4 et l'amplificateur ; à gauche, le galvanomètre de lecture ; la lumière entre par le tube visible à gauche du carter (*Institut d'Optique*, Paris).

A cette première qualité caractéristique des cellules photoémissives à vide, la possibilité d'amplification, s'ajoute la rapidité de réponse. Les électrons s'échappent de la cathode instantanément, même si l'éclairement est si faible que plusieurs heures d'irradiation seraient nécessaires pour qu'un atome reçoive l'énergie suffisante à l'arrachement d'un électron. C'est que l'énergie du rayonnement n'est pas répartie uniformément dans les ondes électromagnétiques, mais concentrée en photons. La durée du voyage des électrons dans le vide jusqu'à l'anode est 10^{-7} à 10^{-8} seconde. Il devrait donc être possible, en principe, de mettre en évidence des variations d'éclairement se produisant à la cadence de 100 millions par seconde. Mais la difficulté, avec les cellules à vide, est de trouver un amplificateur assez rapide pour suivre fidèlement les variations du courant primaire de la cellule. Aux fréquences acoustiques de 60 à 7 000 cycles par seconde, pour la lecture de la piste sonore des films cinématographiques, les cellules à vide sont irréprochables.

Cellules photoémissives à gaz. — Les cellules à gaz contiennent une atmosphère, d'argon en général, à une pression de 0,1 à 0,2 mm de mercure (la pression du gaz

résiduel, dans les cellules à vide, est 10^{-6} mm de mercure). La présence de cette petite quantité de gaz modifie profondément le fonctionnement, introduit des difficultés d'emploi, mais permet de multiplier par 10 le courant de la cellule. Cette amplification provient de l'ionisation du gaz par les photoélectrons : un atome gazeux, heurté par un photoélectron suffisamment rapide, perd un électron qui s'ajoute aux photoélectrons, augmentant le courant de la cellule. Si l'on fait croître progressivement la tension entre cathode et anode, cette amplification par ionisation s'amorce à une vingtaine de volts, et devient de plus en plus forte (fig. 3, courbe G). Il faut se limiter à une amplification par un facteur 10 ; au delà, une décharge électrique se produit, le gaz s'illumine, et le courant prend une intensité excessive qui peut détruire la couche photoélectrique, à moins qu'une résistance de sécurité de plusieurs mégohms n'ait été placée en série. La tension doit donc être soigneusement choisie et maintenue constante. Les astronomes, exceptionnellement patients, contraints de mesurer la très faible lumière des étoiles, ont pourtant réussi à réaliser une multiplication par 100.

L'amplification normale par ionisation des cellules à gaz, par laquelle le courant photoélectrique est décuplé, fait perdre aussi une bonne partie de la rapidité de réponse des couches photoémissives, car la durée de transit des électrons dans le gaz est beaucoup moins brève que dans le vide. C'est ainsi qu'éclairées périodiquement à la fréquence de 5 000 Hz, l'inertie des cellules à gaz leur fait perdre 10 pour 100 environ de leur sensibilité, et les amplificateurs acoustiques placés à la suite d'une cellule à gaz pour la lecture des pistes sonores doivent être agencés de façon à corriger ce défaut. Pour des applications pratiques où une grande rapidité n'est pas nécessaire, les cellules photoémissives à gaz sont employées et remplacent les photopiles au sélénium dans les installations destinées par exemple à provoquer le fonctionnement d'un relais sous l'action d'un faisceau de rayonnement visible ou infrarouge (fig. 6).

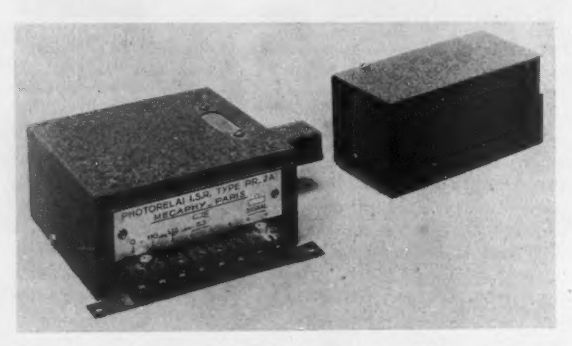


Fig. 6. — *A droite, boite d'où sort un faisceau infrarouge ; à gauche, récepteur comportant une cellule photoémissive à gaz et un thyratron.*
Cet appareil actionne un relais chaque fois que le faisceau est occulté ou, avec un réglage différent, chaque fois qu'il reçoit un faisceau de rayonnement (*Mécaphy*, Paris).

Cellules à multiplication d'électrons, ou photomultiplicateurs. — Les cellules à multiplication d'électrons contiennent une cathode recouverte d'une couche photoémissive, et une succession d'électrodes portées à des potentiels positifs de plus en plus élevés, sur lesquelles les électrons viennent frapper en cascade en se multipliant, jusqu'à une dernière électrode où l'on recueille un courant amplifié (fig. 7). Les électrodes intermédiaires appelées souvent dynodes et dont la forme varie selon le mode de construction du tube (fig. 8) sont recouvertes d'une couche multiplicatrice analogue aux couches photoémissives, ou constituées en un alliage argent-magnésium ; lorsqu'elles reçoivent un électron accéléré par une différence de potentiel suffisant, 100 V par exemple, il s'en échappe plusieurs électrons, trois ou quatre en moyenne. Chacun de ces électrons secondaires, en frappant la dynode suivante, provoque lui aussi l'émission de plusieurs électrons. Leur nombre est donc multiplié par trois ou quatre à chaque étage. Si cette multiplication se produit dix fois, le courant photoélectrique initial se trouve amplifié un million de fois, sans autre retard que la durée de parcours des électrons dans le vide, 10^{-7} seconde.

La qualité essentielle des photomultiplicateurs est la rapidité avec laquelle s'opère l'amplification. Cette réponse quasi instantanée permet de suivre des variations de lumière rapides, ou de mesurer l'instant exact où est reçu un bref signal lumineux. Elle permet aussi de pousser l'amplification beaucoup plus loin qu'il n'était possible avec une cellule à vide et un amplificateur à

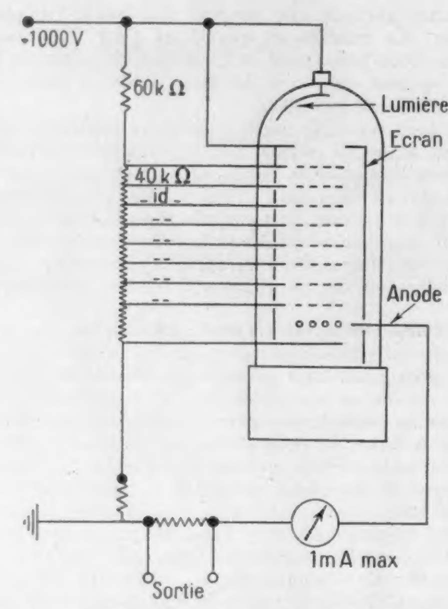


Fig. 7. — *Schéma d'un photomultiplicateur d'électrons.*
Les dynodes sur lesquelles se multiplient les électrons sont ici des grilles métalliques.

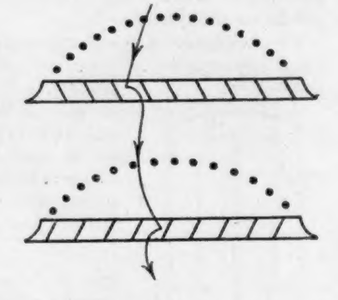


Fig. 8. — *Schéma de deux dynodes, en forme de persiennes, surmontées chacune d'une grille métallique à larges mailles qui donne aux lignes de champ électrique une courbure favorable au guidage des électrons.*
Les électrons se propagent comme l'indiquent les flèches, en se multipliant à chaque impact sur une dynode. Cette disposition est adoptée dans le photomultiplicateur de la figure 9.

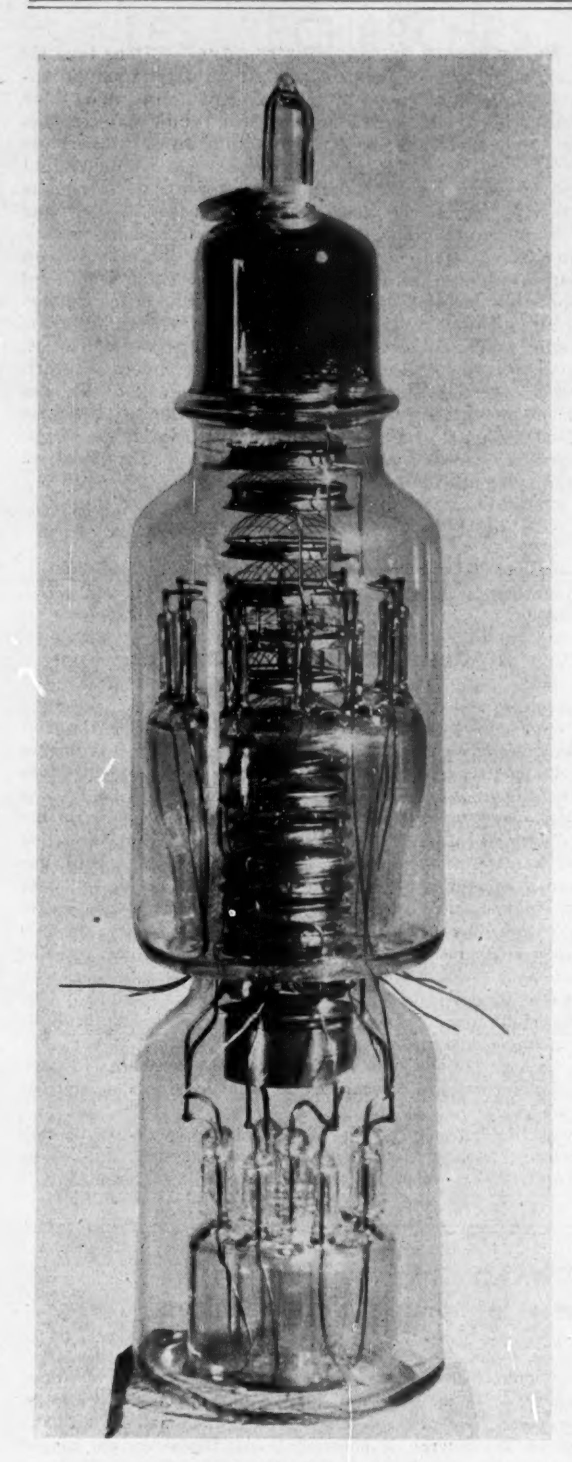


Fig. 9. — *Un chef-d'œuvre français : le photomultiplicateur à 19 étages de Lallemand pour l'astronomie.*
La lumière est reçue par la partie noire en haut de l'ampoule ; les dynodes s'étagent de haut en bas. L'amplification peut atteindre 100 millions. Longueur totale de l'ampoule : 21 cm.
(Laboratoire de physique astronomique, Observatoire de Paris).

tubes électroniques ; en effet ces amplificateurs sont d'autant plus lents qu'ils sont plus sensibles, et lorsqu'on atteint des constantes de temps de plusieurs minutes, on ne peut plus guère augmenter l'amplification. Le photomultiplicateur peut amplifier encore plus avec une constante de temps qui reste inférieure à une microseconde. La seule limite est imposée par les fluctuations naturelles du courant photoélectrique initial et du courant d'obscurité, constitués par des électrons libérés à une cadence irrégulière ; seule leur valeur moyenne est prévisible par le calcul des probabilités.

Le photomultiplicateur est donc en même temps le récepteur de rayonnement le plus rapide et le plus apte à enregistrer des lumières extrêmement faibles. Les mieux réussis, lorsqu'ils sont utilisés avec un soin particulier, sont capables de signaler un à un les photons qui frappent la cathode, et que l'on peut ainsi compter. Certes, tous les photons incidents ne sont pas efficaces, un seul photoélectron est libéré en moyenne pour trois ou quatre photons ; de plus, des électrons sont émis spontanément même sans lumière, ils sont la cause du « courant d'obscurité » qui se superpose au courant photoélectrique lorsqu'on éclaire la cathode ; on le réduit à quelques électrons par minute en refroidissant le photomultiplicateur dans l'air liquide. Le seuil de sensibilité est le nombre de photons qui, en un temps donné, provoque un accroissement certain du courant par rapport au courant d'obscurité, certain malgré les fluctuations naturelles de ce dernier courant.

Comment on se sert d'un photomultiplicateur. — Si les photomultiplicateurs sont inégalés pour leur sensibilité et leur rapidité, ils sont en revanche coûteux et d'une utilisation délicate. Aussi sont-ils réservés jusqu'ici aux usages scientifiques, lorsque leurs qualités sont nécessaires pour les recherches envisagées ; on les trouve par exemple dans le spectrolecteur décrit dans un article récent sur les spectrographes [1], appareil destiné à fournir en quelques minutes la composition chimique d'un alliage d'après la lumière d'une étincelle.

Le montage d'un photomultiplicateur nécessite la création de tensions continues de l'ordre du millier de volts, à faible puissance il est vrai, car le courant maximum ne

1. Progrès récents des spectrographes, *La Nature*, n° 3216, avril 1953, p. 110

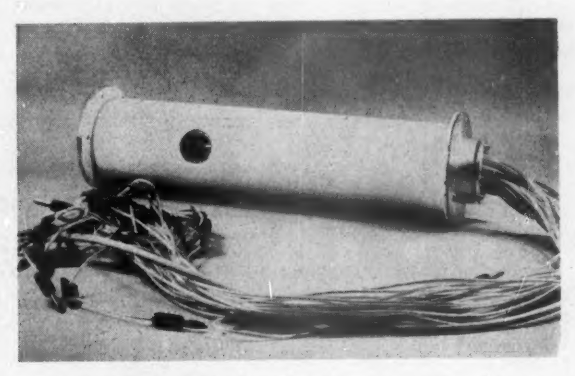


Fig. 10. — *Le photomultiplicateur de Lallemand dans son boîtier étanche et desséché.*
On voit l'écheveau des co lons destinés à porter les 19 dynodes, l'anode et la cathode à des potentiels soigneusement stabilisés ; la lumière entre par la fenêtre ronde sur la paroi cylindrique.

doit pas dépasser le milliampère, mais ces tensions doivent être très bien stabilisées. Produites à partir du secteur, dont les variations de tension atteignent fréquemment ± 5 pour 100, elles doivent être stables à un millième près, si l'on veut éviter des fluctuations de 1 pour 100 du courant amplifié. En effet l'amplification par multiplication d'électrons croît très rapidement, dix fois plus vite, avec une augmentation de la différence de potentiel entre dynodes successives. Pour les mesures très précises, la stabilisation doit être assurée à un dix-millième près, et, de plus, il ne faut jamais soumettre le photomultiplicateur qu'à des éclairements très faibles ; sinon, dès que le courant d'électrons amplifié dans le tube atteint quelques microampères, il modifie les propriétés des surfaces multiplicatrices d'électrons, d'une façon passagère, ou même permanente en cas d'excès, et les indications du photomultiplicateur ne sont plus fidèles.

Ce sont sans doute les astronomes qui attachent le plus de prix à des récepteurs de lumière sensibles ; à l'Observatoire de Paris, une équipe dirigée par M. Lallemand réalise des photomultiplicateurs qui sont sans doute les meilleurs du monde (fig. 9 et 10).

Récepteurs à optique électronique. — Dans tous les récepteurs décrits jusqu'ici, le signal électrique provoqué par la lumière est plus ou moins intense, mais il ne renseigne en rien sur la façon dont la lumière s'est répartie sur la surface sensible. Il existe une autre catégorie de récepteurs, beaucoup plus complexes, qui ne mélangent pas les électrons issus de points différents de la couche sensible photoélectrique, mais les focalisent, par une optique électronique, sur un appareil de mesure électrique très particulier, ou sur une surface fluorescente, ou sur une plaque photographique. Ces récepteurs sont les appareils de prise de vues de la télévision, et les convertisseurs d'images. La technique de la télévision fait intervenir non seulement les phénomènes photoélectriques, mais encore l'optique électronique, les couches réceptrices d'électrons, et nécessiterait, pour être exposée ici, des développements qui excèdent les limites des sujets traités dans ces articles. Mais l'importance actuelle de ces récepteurs de lumière particuliers imposait qu'ils soient au moins mentionnés.

JEAN TERRIEN,
Sous-directeur du Bureau International
des Poids et Mesures.

Le cœur des aviateurs observé à distance par T.S.F.

Les vols aériens deviennent acrobatiques quand ils atteignent les très hautes altitudes et les très grandes vitesses et ils exigent alors des pilotes un effort à la limite de leurs possibilités. Le cœur des aviateurs subit les effets des diminutions de pression et de tension d'oxygène de l'air respiratoire, ceux des accélérations et des ralentissements brusques et les compressions des viscères qui en résultent, des excitations et des inhibitions nerveuses, qui peuvent aller jusqu'aux troubles sensoriels et mentaux et même à la syncope.

On a créé à terre des laboratoires physiologiques où l'on s'efforce de provoquer et d'étudier dans des caissons, les troubles ressentis en vol libre, mais cette analyse ne suffit pas pour rendre compte de tous les effets, ni même les reproduire exactement. Il a donc fallu installer à bord des avions des appareils d'observation et d'enregistrement confiés à un médecin ou tout au moins à un observateur accompagnant le pilote.

Un des meilleurs moyens d'étude du cœur est la détection des différences de potentiel entre divers points autour du viscère et de leurs variations au cours du fonctionnement. On les amplifie et les enregistre sous forme d'électrocardiogrammes.

La Presse Médicale, résumant une étude parue dans la revue *Cardiologia*, vient de signaler que le Dr Rolf Glatt, de l'Institut de Médecine de l'Aviation militaire suisse, a réalisé et mis au point une série d'appareils qui permettent de transmettre sans fil, pendant le vol, les potentiels cardiaques pris à bord à une station terrestre où ils sont enregistrés. On peut ainsi connaître les réactions d'un aviateur solitaire, pilote d'avion à réaction ou de fusée, pendant ses essais les plus audacieux. A bord, une source appropriée engendre un son continu que les variations du cœur modulent; l'émetteur du bord transmet ces ondes qui sont recueillies au sol par un récepteur et démodulées; un électrocardiographe enregistre les seules variations du potentiel cardiaque et fournit un tracé comparable à ceux habituels; ou mieux, on enregistre les sons sur un ruban magnétique qui les reproduira quand on voudra, après suppression du bruit de fond de la modulation.

La seule précaution est d'isoler le pilote de la masse de l'avion par des chaussures à semelles de caoutchouc et des gants de cuir secs.

Le Dr Glatt a pu prendre ainsi les tracés cardiaques de trois aviateurs à bord du Vampire-Haviland, montant à 7 000 m d'altitude, descendant en piqué et remontant en ressource.

Une mesure du progrès technique : le nombre des ingénieurs

Le Bureau of Labor Statistics des États-Unis a voulu faire sentir le développement de la technique par les statistiques comptant le nombre des ingénieurs dans l'industrie américaine. Celui-ci s'est accru en un demi-siècle dans les proportions suivantes :

1900	40 000
1920	130 000
1940	260 000
1950	400 000

Comme l'effort s'est porté dans la même période vers l'économie de la main-d'œuvre par l'augmentation de vitesse des machines, la chasse aux temps perdus, l'automaticité des outils et des manœuvres, le pourcentage des ingénieurs par rapport au total des travailleurs a singulièrement augmenté. En 1900, on comptait un ingénieur pour 255 ouvriers; on atteignait un ingénieur pour 65 ouvriers en 1950; on estime que maintenant l'industrie utilise en moyenne un ingénieur pour 50 ouvriers seulement.

LES RECHERCHES EN MERS PROFONDES

On a de plus en plus de peine à suivre tous les progrès scientifiques actuels. On serait tenté de dire qu'ils sont trop si d'eux ne dépendaient notre santé, notre sécurité et notre fortune, sans parler de cette insatiable curiosité qui veut tout voir, tout savoir, sans retard. La cadence accélérée des recherches, la puissance des moyens nouveaux mis en œuvre renouvellent la face du monde, sans bien révéler où tout cela conduit.

Prenons pour exemple les mers qui recouvrent et nous cachent près des trois quarts de la croûte terrestre. Bientôt elles n'auront plus guère de secrets et l'homme s'y enfoncera à son gré.

Qu'on songe à la première carte des fonds de l'Atlantique nord, dressée par Maury en 1855 ; elle était basée sur moins de 200 sondages. Aujourd'hui, le moindre navire qui traverse l'océan enregistre automatiquement toutes les profondeurs de sa route, grâce aux ultra-sons.

L'homme ne savait pénétrer loin sous la surface ; le plongeur nu s'épuisait vite s'il osait descendre à 20 m ; le scaphandrier s'arrêtait à moins de 50 m et le scaphandre rigide hésitait à dépasser 100. Voici que les bathysphères suspendues à des bateaux de surface ont conduit l'homme jusqu'à plus de 1 000 m et les bathyscaphes autonomes, à peine mis au point, l'ont mené à plus de 2 000 m sans encombre.

On photographie sous l'eau presque aussi bien que dans l'air ; on pratique les prises de vues animées du cinéma et on s'essaie à la télévision des fonds.

Ces fonds eux-mêmes, recueillis d'abord dans le creux suifé du plomb de sonde, dont le *Challenger* fit la première abondante collection il y a 80 ans, sont aujourd'hui carottés sur une profondeur de plusieurs mètres par toutes sortes de nouveaux engins : canon de Piggott, sondeurs de Kullenberg, de Weibull, etc. ; on leur applique les méthodes de détections géophysiques ; on entreprend l'examen physique, chimique, bactériologique des sédiments ; on commence même à les dater par la radioactivité de certains constituants et à en connaître ainsi l'histoire.

Tout cela s'est considérablement développé depuis l'expédition suédoise de Pettersson autour du monde, de 1946 à 1948, et a suscité un grand mouvement international de recherches. La mer est révélée jusqu'en ses plus grandes profondeurs ; la croûte terrestre est explorée au-dessous ; l'histoire récente du globe apparaît à la limite de la géologie et de la géographie actuelle ; la Terre, le géoïde tout entier, va livrer bien des secrets. Dès 1951, à l'assemblée de Bruxelles, l'Union internationale de Géodésie et de Géophysique décida de créer une nouvelle commission spécialement consacrée aux recherches en mer profonde. Celle-ci se réunit en 1952 à Monaco et proposa au Conseil international des Unions scientifiques de publier une revue pour grouper tous les travaux exécutés dans les différents pays. En septembre 1953, un premier symposium se tint à l'université de Liverpool où furent présentées et discutées une série d'études sur les fonds des mers profondes, leurs formes, leurs sédiments, leurs aspects géologiques, géophysiques, biologiques. Toutes avaient été orientées vers les explications de l'histoire de la Terre et la part de faits, de théories, d'hypothèses que chacune pouvait apporter à ce problème immense et capital.

En même temps, on présenta le premier numéro de la nouvelle revue internationale envisagée il y a un an. Celle-ci se nomme *Deep-Sea Research* (1) ; elle a été confiée à trois directeurs : un Français, le Pr Fage, de l'Institut Océanographique, membre de l'Institut, un Anglais, le Dr Ovey, du Département de géographie de l'université de Cambridge, une Américaine, le Dr Mary Sears, de l'Oceanographic Institution de Woods Hole, assistés d'un comité de rédaction de 15 savants de divers pays. Nous nous réjouissons qu'un Français ait été choisi parmi tant d'autres et qu'il soit l'animateur incontesté de toutes nos activités océanographiques.

Nous suivrons avec passion le développement de la nouvelle publication consacrée à l'un des sujets qui éveillent le plus toute notre curiosité puisqu'il s'agit de compléter la connaissance de notre globe, de découvrir son histoire et par là d'estimer la grandeur et la vitesse de ses transformations.

Les progrès ont été si rapides en ces dernières années que de grands espoirs sont permis, mais leurs réalisations seront onéreuses. Que la nouvelle revue internationale déclenche donc un intérêt croissant, pour conduire à une organisation mondiale des recherches, des techniques instrumentales, des expéditions scientifiques, celles-ci risquant de dépasser les possibilités financières des centres d'études actuels et même celles de beaucoup d'États.

René Legendre.

1. *Deep Sea Research.* Revue trimestrielle. Pergamon Press, 242, Marylebone Road, London N. W. 1.

LE CALCIUM EN POUDRE

Une compagnie américaine, l'Ethyl Corp., met sur le marché du calcium en poudre. Sa granulométrie est comprise entre les mailles de tamis 50 et 400 ; son degré de pureté atteint 94 à 97 pour 100, sans nitrures ni métaux de poids atomiques élevés.

Ce calcium est préparé par l'électrolyse de chlorure de sodium fondu additionné de chlorure de calcium ; l'alliage sodium-calcium obtenu est traité par un liquide organique qui dissout le sodium et sépare le calcium en poudre cristalline fine.

Le produit obtenu est hautement réactif. Il pourra être utilisé pour la réduction directe des oxydes d'une série de métaux : titane, zirconium, vanadium, chrome, thorium. Il est assez pur pour servir à la préparation de l'uranium pour les usages atomiques, par réduction de l'oxyde ou par réaction sur l'hexafluorure d'uranium. D'une manière générale, il permettra la réduction directe des oxydes réfractaires, en évitant la réaction plus onéreuse sur les chlorures de ces métaux, difficiles à préparer.

Le calcium en poudre sera d'emploi intéressant en métallurgie pour la désulfuration et la désoxydation d'aciers spéciaux et d'autres alliages. Seul ou associé à du magnésium ou de l'aluminium, il pourra aussi intervenir dans de nombreuses réactions organiques comme agent de réduction, d'hydrogénation ou de polymérisation. Son stockage et sa manipulation aisées le feront adopter pour diverses techniques de préparations organiques dans lesquelles il permettra une marche continue. Enfin, on prévoit que le prix de vente sera inférieur à celui du calcium en masse actuellement sur le marché.

LE PORT DU HAVRE

1. Réalités et perspectives économiques

La cité et le port du Havre ne datent que de François Ier, et c'est seulement le 19e siècle qui y a attiré d'importants courants de trafic maritime : on pourrait fixer les débuts de leur développement vers 1840. Il y a un siècle, la France comptait un très grand nombre de ports capables de recevoir tous (ou presque tous) les bateaux de l'époque, dont les dimensions n'excédaient d'ailleurs pas beaucoup celles des bateaux que l'on construisait cinq siècles auparavant : tel était l'héritage des provinces et féodalités du littoral, le résultat des hasards de la guerre maritime contre l'Espagne, l'Angleterre et la Hollande et des difficultés des transports intérieurs. Le plus grand nombre de ces ports présentaient des caractéristiques analogues; sur la Manche seule : Boulogne, Dieppe, Fécamp, Le Havre, Honfleur, Cherbourg (avant les grands travaux d'endiguement), Granville, Saint-Malo offraient aux navires qui se présentaient des conditions d'accueil comparables; leurs pilotes, croisant au large de Land's End, s'en disputaient la clientèle.

L'utilisation de l'acier et de la vapeur, la sécurité recouvrée sur les mers (qui permit à de nombreux ports de se libérer des servitudes militaires), le libre échange international vinrent bouleverser l'aspect et la vie des ports et provoquèrent l'expansion économique la plus rapide qu'on ait jamais vue. Les ports — certains aidés par le récent débouché d'un chemin de fer, d'autres par la profondeur naturelle de leurs accès, tous par leurs représentants au Parlement — cherchèrent à s'adapter à cette évolution exceptionnelle. La plupart, après avoir déployé de louables et persévérants efforts, durent abandonner l'espoir de se maintenir en mesure de recevoir des navires de plus en plus importants et de rester des ports universels; ils ne cherchèrent plus qu'à satisfaire les trafics spécialisés que justifiaient les conditions locales ou l'effort d'hommes tenaces et courageux : pêche hauturière, trafic « transmanche » entre l'Angleterre et la France, importations pour l'industrie locale et exportation des produits de cette industrie, etc.; d'autres, malgré des conditions naturelles défavorables tentèrent de conserver une clientèle plus étendue au prix d'investissements considérables, couronnés de succès divers.

Les freins très puissants dont dispose la France (heureux gage, d'après la majorité des Français, de sa stabilité) ont atténué l'ampleur de l'évolution, plus nette à l'étranger que chez nous, mais, en ce milieu du 20e siècle, la notion de grand port s'impose à tous. Sera-t-elle durable ? Dans la course contre la montre entre les navires et les ports, dont le départ fut donné vers 1840, bien peu de ports ont pu maintenir leurs positions (car il est beaucoup moins onéreux et moins aléatoire de construire de plus grands navires que de construire des ports plus larges et plus profonds), mais les navires de frêt — pétroliers exclus — ne sont-ils pas maintenant « essoufflés » ? Sans doute, ils grandiront encore, mais selon un rythme moins rapide. Les ports défavorisés par la nature qui ont pu cependant survivre grâce à leurs efforts (et à celui du contribuable) bénéficieront-ils d'un répit suffisant pour rattraper leur handicap ? Il est bien délicat d'avancer une opinion, mais on ne peut nier que, depuis 1850, le trafic maritime s'est concentré — et la tendance persiste — dans trois ou quatre ports français aux dépens d'une dizaine d'autres.

Le Havre a vu décupler, pendant cette période, la surface de ses plans d'eau et la longueur de ses quais. Ce n'est certes pas uniquement en raison de sa situation favorable — on verra qu'elle ne l'est pas en tous points — mais aussi à cause de l'esprit d'entreprise de ses armateurs et négociants qui ont su, au 18e siècle et au début du 19e, aller de l'avant : par là, Le Havre se rattache à son passé le plus lointain, mais on aurait tort d'attacher une importance excessive à cet élément, même

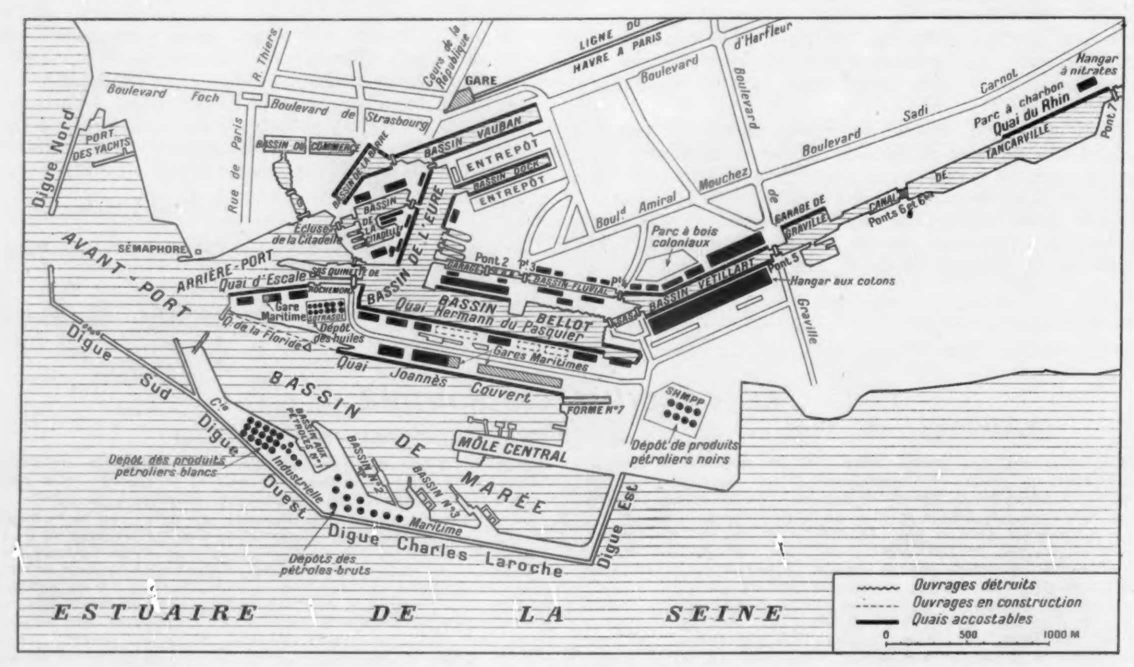


Fig. 1. — *Plan du Port du Havre.*

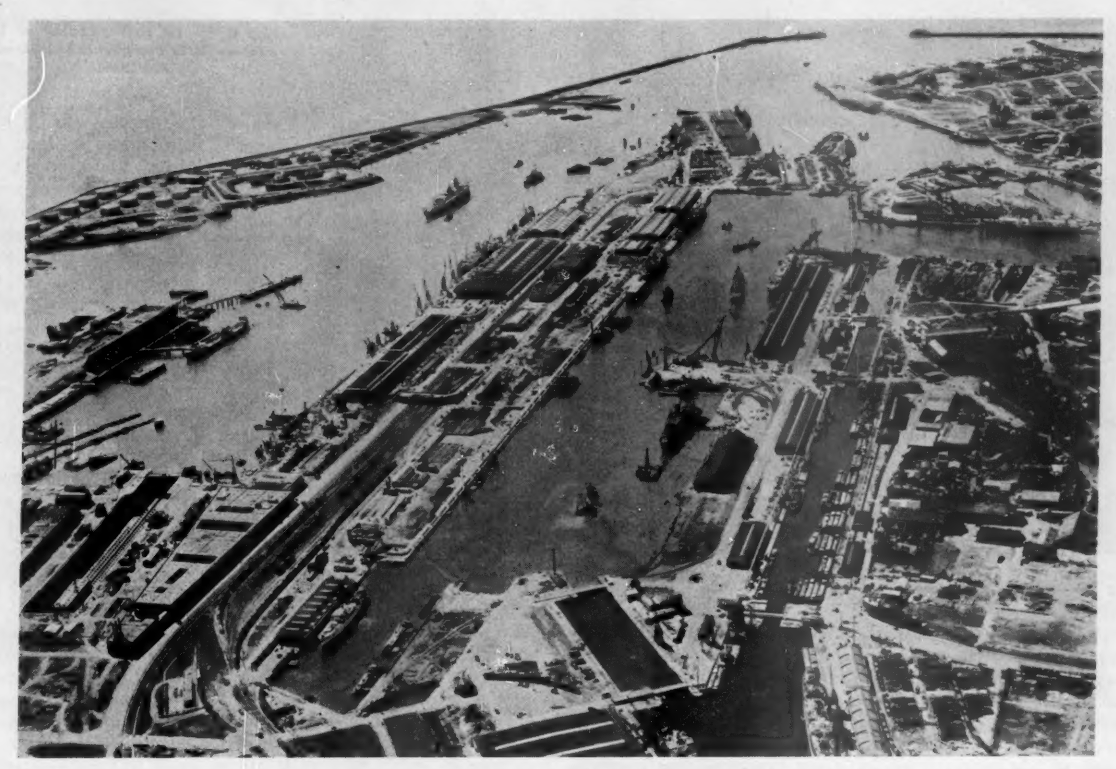


Fig. 2. — *Vue générale des chantiers de reconstruction du port du Havre en avril 1952.*
On voit le paquebot *America* en manœuvre dans le bassin de Marée.

grossi par quelques vieilles gravures complaisamment divulguées et des sentiments fort compréhensibles. Le Havre est bien l'œuvre des cent dernières années : l'apport d'éléments nouveaux, ardents et hardis, et le climat de libéralisme économique ont été les principales causes de son succès.

• • •

Le Havre est la « Porte Océane ». Ce mot, prononcé, dit-on, par M. Herriot, a fait fortune (c'est le titre de la revue maritime qu'édite la Chambre de Commerce); s'il exprime le fait que le Havre est ouvert sur l'Océan Atlantique par l'intermédiaire de la Manche, il est difficilement contestable, mais si l'on sous-entend que Le Havre n'est que le port des relations avec l'Amérique (et c'est bien l'opinion du public qui associe Le Havre et New-York), il est notoirement insuffisant.

Un port maritime, point de rupture entre deux modes différents de transport, a deux aspects suivant qu'on le considère de la terre ou de la mer, mais c'est la terre qui présente le caractère essentiel et prédominant de son activité. Si l'établissement portuaire n'est qu'un outil à la disposition du trafic maritime et doit être conçu et exploité pour satisfaire les besoins de ce trafic, le navire n'est qu'un moyen pour transporter des biens vers leurs destinataires et finalement, quelles que soient les coalitions passagères, c'est le destinataire qui fait la loi, tout au moins dans le schéma « libéral ».

De quoi se compose le trafic du port du Havre ? Si l'on met de côté des marchandises diverses et notamment les produits manufacturés qui, par leur nombre et leur disparate, défient toute classification, mais qui par leur tonnage ne représentent qu'un faible pourcentage, on ne retiendra que quatre éléments.

Le premier, le plus connu du public, est le trafic des passagers vers l'Amérique. L'avion ne risque-t-il pas de le détrôner ? Déjà, vers l'Amérique du Sud, le paquebot, par ses délais de route, n'attire plus qu'une clientèle diminuée. Vers l'Amérique

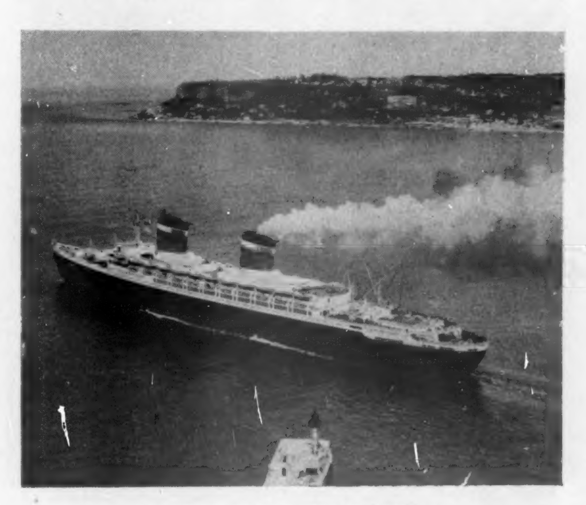


Fig. 3. — *Le paquebot* United States,
nouveau flag-ship américain, sortant du port du Havre.



Fig. 4. — *Le port pétrolier et les citernes de la Compagnie Industrielle Maritime.*

du Nord, deux passagers sur trois prennent encore le paquebot, mais qu'adviendra-t-il lorsque l'avion reliera l'Europe à l'Amérique en six heures, alors que le paquebot ne peut le faire au mieux qu'en trois jours et demi ? Les projets de nouveaux paquebots français pour l'Atlantique Nord placent cette question au premier plan. Cependant, Le Havre assure aujourd'hui le transit d'un nombre de passagers beaucoup plus élevé qu'avant-guerre, grâce à l'intensité croissante des relations entre continents et à la concentration de lignes étrangères plus nombreuses, dispersées avant-guerre dans d'autres ports : 27 paquebots font au Havre des escales régulières. Si la voie maritime conserve sa clientèle, Le Havre restera le mieux placé pour la recevoir, grâce aux facilités qu'il offre aux navires, à la rapidité des escales et à sa proximité de Paris.

Le deuxième élément, de loin le plus important en tonnage, est le trafic pétrolier. Quatre raffineries échelonnées le long de la Seine entre Rouen et Paris, dont la capacité de raffinage avoisine la moitié de la consommation française métropolitaine, sont rattachées par pipe-lines souterrains au terre-plein Sud du port qu'exploite la Compagnie Industrielle Maritime (fig. 4). La nouvelle canalisation Le Havre-Paris vient d'entrer en service. Or, le pétrole fournit à lui seul la plus grande partie des ressources en énergie nécessaires à l'expansion économique.

Mais les pétroles bruts importés en France proviennent surtout du Moyen Orient; la région de Marseille, qui dispose d'une gamme de raffineries puissantes, n'est-elle pas mieux placée que Le Havre pour les traiter ? On a pu croire que le port le plus favorablement situé est celui qui se trouve sur la voie la plus courte entre le lieu de production et le lieu de consommation, mais cette notion est erronée, car le transport maritime est dix à vingt fois moins cher que le transport terrestre le mieux placé. Si Marseille conserve largement ses avantages pour le raffinage du pétrole brut du Moyen Orient destiné à l'exportaiton, Le Havre est le mieux placé pour alimenter la moitié Nord de la France où se trouvent concentrés plus des deux tiers de notre activité économique. La ligne d'équiprix qui sépare les hinterlands de Marseille et du Havre en matière de pétrole est approximativement la ligne Pontarlier-La Rochelle. C'est donc là un trafic stable pour le port du Havre, soustrait aux aléas de la spéculation et lié à une infrastructure industrielle importante et en pleine expansion.

Le troisième élément du trafic est celui des marchandises « traditionnelles » qui ont fait la réputation du port et pour certaines d'entre elles le succès de ses marchés à terme : cotons, d'Amérique et d'Orient (fig. 5), cafés d'Afrique, d'Amérique du Sud et des Antilles, bois exotiques d'Afrique (fig. 6), cacaos d'Afrique, poivres d'Afrique et d'Orient, rhums des Antilles et de la Réunion. Le Havre approvisionnait une partie de l'Europe d'avant 1939, mais les marchés à terme ont été supprimés. Au trafic d'entrepôt, caractérisé par un séjour plus ou moins long des marchandises en entrepôt sous douane, s'est en partie substitué un trafic de transit, avec passage rapide sous hangar de quai, souvent même par transbordement direct de navire à wagons ou péniches. Certes Le Havre souffre de cette situation et a vu son hinterland réduit par le compartimentage des économies nationales, par les restrictions imposées aux importations, aux réexportations et aux changes; il subsiste cependant sur place, pour chacune des matières énumérées, une infrastructure commerciale et technique importante, des chambres d'arbitrage dont l'objectivité est unanimement reconnue, des techniciens qui savent apprécier la qualité d'une balle de coton, situer un sac de café dans la hiérarchie complexe des variétés ou définir les caractéristiques d'une bille de bois précieux, mais il n'en reste pas moins que l'absence de stock disponible de marchandises de toutes qualités rend la place du Havre plus vulnérable qu'avant-guerre.



Fig. 5. — *Le hangar aux cotons, le plus grand d'Europe.*

Le quatrième élément est constitué par les divers trafics de marchandises « pondéreuses », c'est-à-dire importées par gros tonnages unitaires, souvent par cargaisons entières, en vrac :



Fig. 6. — Le parc à bois coloniaux du quai de la Gironde.

charbons, céréales, nitrates, etc. L'ouverture du marché européen du charbon a réduit les courants de transports maritimes de cette matière; la France songe à produire plus de céréales et même à devenir un pays exportateur. Ces divers trafics de masse iraient-ils vers une disparition totale? En fait, il s'agit de trafics extrêmement variés qui intéressent la plupart des matières premières venant d'outre-mer et dont l'importance est sujette à de nombreuses fluctuations ; malgré l'accroissement des moyens de stockage métropolitains et la possibilité qui en résulte de reporter l'excédent d'une année de bonne récolte sur une année mauvaise, la France reste tributaire de l'étranger, lorsque les circonstances météorologiques sont défavorables, pour toutes les céréales principales, et en tout temps pour les céréales secondaires; tous les produits tropicaux, tels que les palmistes, les coprahs ne semblent pas près d'être transformés sur les lieux de production en huiles raffinées ou semi-raffinées; des matières premières manquent en France, phosphates, pyrites, nitrates, etc., et nous sont cependant indispensables. On peut certes envisager à longue échéance une réduction globale de ces trafics, par suite de l'industrialisation des pays neufs, mais aux produits bruts se substitueront alors des produits finis ou semi-finis.

A l'exportation, Le Havre draine la plus grande partie des produits du bassin parisien à destination du long cours, mais il est gêné dans ce rôle naturel par la concurrence de plus en plus active du port d'Anvers.

On voit donc que de tous les éléments qui forment le trafic du port du Havre, seul le pétrole semble d'avenir assuré, mais aucun port n'est à l'abri des aléas des conjonctures internationales et nationales et la gestion des ports doit être assez souple pour s'adapter aux variations, même les plus rapides. L'extrême diversité de ses trafics, plutôt que la stabilité élémentaire de chacun d'eux fournit au Havre une sorte de stabilité « statistique ».

Tel est, sommairement, l'aspect du trafic vu de la terre. Du côté mer, c'est par son achalandage que le port réussit à maintenir tous les trafics énumérés plus haut, surtout grâce aux nombreuses lignes régulières de frêt qui y font escale, à destination ou en provenance des diverses parties du monde. En consultant la liste des arrivées et des départs, on peut constater combien la définition de « Porte Océane » est incomplète. De nombreuses lignes touchent les ports d'Afrique, notamment au delà de Dakar, ceux de Madagascar et de tous les pays d'Extrême-Orient. En 1952 (produits pétroliers et houilles exclus) 1 040 navires sont venus de l'Amérique du Nord et de l'Amérique Centrale, 734 des zones du cabotage international (Scandinavie, Allemagne, Hollande, Angleterre, Portugal, Méditerranée), 274 d'Afrique du Sud et de l'Extrême-Orient, 266 de la Côte d'Afrique (ports situés au delà de Dakar) et 173 de l'Amérique du Sud. Le Havre est donc le port d'attache d'une fraction importante de la flotte française et les pavillons les plus divers s'y côtoient : brésiliens, argentins, britanniques des lignes de l'Extrême Orient et de l'Afrique du Sud, hollandais de l'Indonésie et d'Amérique Centrale, danois, norvégiens et suédois sur toutes les grandes lignes de frêt de la planète; plus récemment : allemands, japonais et chiliens. Par sa situation géographique, Le Havre peut aisément attirer la plupart des lignes qui parcourent la Manche, mer la plus fréquentée du globe; pour s'adapter à l'évolution des courants de trafic, ses meilleures armes techniques sont la facilité de ses accès, ses profondeurs qui permettent les mouvements des plus grands navires à toute heure de toute marée, l'organisation du travail continu et son outillage à grand

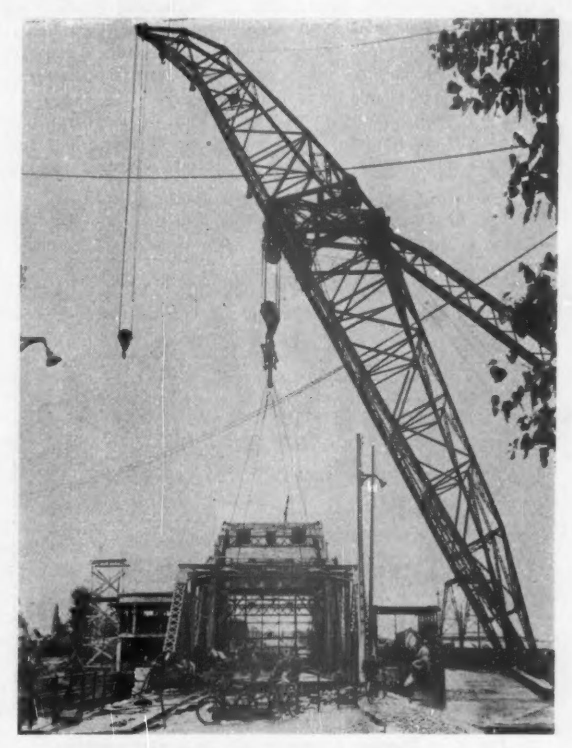


Fig. 7. — La grande « bigue » flottante met en place un nouveau pont basculant.

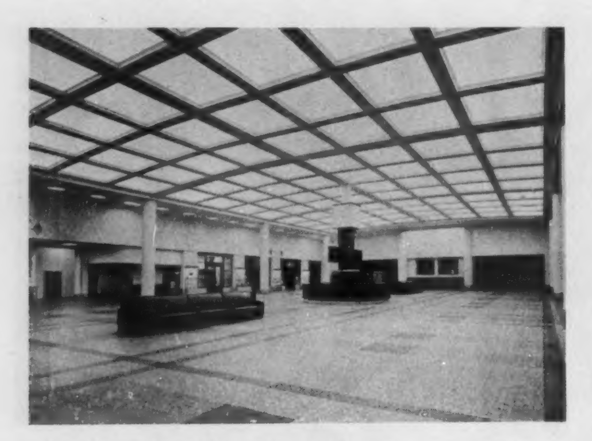


Fig. 8. — *Salle des Pas-Perdus de l'une des gares maritimes du quai Johannès-Couvert.*

rendement en cours de reconstruction; Le Havre peut donc garantir aux navires l'escale la plus courte.

Ses charges de gestion sont limitées; les apports de vase et de galets dans les bassins extérieurs et le chenal d'accès sont de faible importance. Grâce à une déviation curieuse des courants par le Cap de la Hève et à la réussite remarquable de son accès nautique, le Port du Havre est à l'abri des dépôts de matériaux fins charriés par la Seine; leur enlèvement n'obère pas le budget du port et les taxes portuaires sont modérées.

Le bassin parisien, l'ouest et le centre de la France, à la fois agricoles et industriels, fournissent un hinterland stable à ses trafics de grandes masses; il bénéficie en outre d'excellentes voies de pénétration par fer, par routes et par voies d'eau. Du Havre à Corbeil, la Seine est la seule voie d'eau française aménagée pour les chalands de fort tonnage.

Si aucune ombre n'apparaissait au tableau, ce serait trop parfait. Les sols de fondation sont médiocres et supportent mal les charges que leur transmettent les grands ouvrages; sur un fond d'alluvions épais de plus de 200 m, l'ingénieur ne peut que se référer aux expériences, heureuses ou non, du passé et faire appel aux données encore incertaines de la toute jeune mécanique des sols; aussi, la construction des ouvrages d'infrastructure et particulièrement des quais, des écluses et des cales sèches (« formes de radoub ») est délicate et onéreuse; par bonheur les dommages causés par les mines allemandes aux écluses et aux cales sèches ont pu être réparés rapidement; mais le déblaiement et la reconstruction des grands quais ont posé depuis la Libération de graves problèmes et entraîné des dépenses élevées, et il reste encore de grands travaux à entreprendre dans ce domaine.



Fig. 9. — *Chantier de construction de la gare maritime de la Compagnie Générale Transatlantique.*

Mise en place à la grue et assemblage d'éléments en béton préfabriqués.

Le Havre, port extérieur, est situé plus près des routes maritimes, mais plus loin des centres de consommation que son concurrent de l'intérieur, Rouen. Bien que le prix de revient de la navigation maritime en rivière soit beaucoup plus élevé qu'en pleine mer, en raison des attentes de marée, des risques de brumes et des limitations du tirant d'eau, il peut être plus économique de rompre la charge à Rouen, ou même à Paris, plutôt qu'au Havre; en fait, la concurrence entre les deux ports est moins âpre, maintenant, que ne le croit l'opinion publique; les grands navires du long cours remontent rarement la Seine, même lorsque leur tirant d'eau le leur permet, et les relations de Rouen s'exercent principalement dans la zone du cabotage international, notamment avec l'Afrique, l'Angleterre et la Scandinavie. Toutefois, cette situation peut évoluer au profit de Rouen si, dans quelques années, les grands travaux d'endiguement de l'estuaire permettent de maintenir de façon stable un chenal plus profond et rendent possible la remontée de Seine en toutes marées aux navires long-courriers, mais il ne semble pas que le transfert de trafic qui s'en suivra aux dépens du Havre puisse atteindre 200 000 t par an, soit 1,5 pour 100 en tonnage du trafic de ce dernier port; il est vrai que la perte de recettes atteindrait un pourcentage plus élevé.

L'ouverture du marché commun du charbon et de l'acier, les modifications des tarifs de transport déjà mises en vigueur ou en cours d'étude par la Haute Autorité et plus encore les projets de construction de nouvelles voies d'eau à grand gabarit ont créé une inquiétude dans les milieux portuaires français, qui craignent de ne pouvoir lutter à armes égales contre les géants du Nord : Anvers et Rotterdam, connus pour l'étendue de leurs installations, reconstruites ou modernisées, leur outillage lourd surabondant, leur organisation efficace et l'importance de l'appui financier de leur ville et de leur pays. L'ouverture du bassin parisien vers le Nord et vers le Rhin par des canaux à grande section augmenterait sans conteste l'attrait des ports de la mer du Nord, mais les transferts de trafic à leur profit seraient plus sensibles à Dunkerque et à Rouen qu'au Havre, où le mouvement des cargaisons pondéreuses, tributaires du grand matériel fluvial, ne représente qu'une fraction plus faible en tonnage, et surtout en recettes, de l'activité totale du port.

D'autres sujets qui soulèvent des problèmes d'organisation intérieure retiennent aussi l'attention des milieux maritimes. Mais si l'on excepte la mauvaise qualité des terrains de fondations, handicap permanent, les éléments qui peuvent évoluer de manière défavorable au cours des prochaines années relèvent de la politique économique de la France en matière de transports; l'avenir du port dépend donc dans une certaine mesure des décisions qui seront prises en haut lieu, et les Havrais restent suffisamment attachés au libéralisme économique, en dépit des traverses qu'a connues ce système, pour applaudir à toute réalisation justifiée et rentable, même si elle doit accroître les moyens dont disposent les ports concurrents, mais pour s'opposer aux mesures arbitraires de soutien qui faussent le jeu d'une saine compétition.

Lorsque la reconstruction sera terminée, le port du Havre



Fig. 10. — *Un quai détruit et un quai reconstruit.*
A gauche, ce qui reste du quai de Floride ; à droite, le paquebot *Scythia* au poste central du quai d'Escale.

ne craindra pas d'affronter la concurrence des grands ports étrangers, notamment d'Anvers et de Rotterdam. Le Havre ne peut encore offrir aux principaux armements de lignes régulières tout ce qu'ils désirent, notamment toutes les possibilités de manutentions mécaniques, la faculté de stocker économiquement les marchandises transitant sous le régime du froid, la rapidité de déchargement des céréales ou d'autres matières en vrac tributaires d'outillages spécialisés, l'affectation privative de hangars où ces armements peuvent déposer à l'avance des marchandises à l'exportation en ayant l'assurance que le navire qui les chargera à son bord accostera au droit de ces dépôts; mais il le pourra lorsque seront terminés les travaux de reconstruction et d'équipement du quai de Floride dans le bassin de Marée (fig. 10) et des quais Hermann du Pasquier et de Pondichéry dans le bassin Bellot. Grâce au premier de ces quais, les longs courriers étrangers, et notamment les britanniques, les hollandais et les scandinaves bénéficieront des garanties de rapidité d'escale que donne aux navires le placement à un poste extérieur dans le bassin de marée sans franchissement d'écluses.

La reconstruction des autres quais cités mettra à la disposition des principaux armements français, qui n'en bénéficient pas encore, les postes à quai et les hangars dont ils ne peuvent se passer. Le perfectionnement de la liaison entre les navires et l'important entrepôt de la Société des Docks Frigorifiques du Havre, dans la partie centrale du nouveau quai Hermann du Pasquier, ainsi que la création d'un hangar climatisé donneront satisfaction aux réceptionnaires de marchandises transitant sous le régime du froid et transportées par les navires des lignes régulières qui fréquentent le port. Le renforcement de l'outillage de manutention des graines en vrac permettra de décharger ou de charger les navires à des cadences comparables à celles des ports de la mer du Nord et, par conséquent, d'obtenir de la navigation au tramping des frêts équivalents. Le trafic pétrolier est maintenant à l'étroit dans les installations reconstruites; un nouveau bassin pour très grands navires est en construction; d'autres postes encore — notamment pour le chargement et le déchargement des mazouts et des gas oils — doivent être construits prochainement.

Enfin, malgré la diminution du trafic d'entrepôt, quelques magasins modernes relayant des magasins centenaires devront être construits en vue de mécaniser les manutentions et diminuer les prix de revient du stockage des marchandises en entrepôt. Tels sont les principaux éléments du programme de reconstruction en cours.

(*à suivre*).

Henry Deschênes,
Ingénieur des Ponts et Chaussées
au Port autonome du Havre.

La « taconite » et la sidérurgie américaine

L'énorme concentration des usines sidérurgiques établies autour du Lac Supérieur fait diminuer les réserves de minerais riches dans les gisements de la région, tels ceux de Mesabi, aux États-Unis. Les grandes sociétés sidérurgiques commencent à se préoccuper de leur approvisionnement et plusieurs s'équipent actuellement pour utiliser, après enrichissement en fer, des minerais plus pauvres existant en quantités considérables dans les mêmes districts. Ces minerais sont constitués en majeure partie par de la « taconite », roche très dure, très siliceuse qui contient seulement de 25 à 30 pour 100 de fer sous forme d'oxydes, de carbonates et de silicates.

L'enrichissement des taconites de Mesabi a été réalisé par les techniciens du Battelle Memorial Institute à Columbus dans l'Ohio, pour le compte d'un groupe de sidérurgistes américains.

Le procédé comporte une réduction suivie d'une réoxydation contrôlée. Le minerai est broyé à une granulométrie déterminée puis la réduction est réalisée à basse température en atmosphère gazeuse réductrice; le produit est ensuite réoxydé, dans des conditions très précises. La réduction est endothermique, l'oxydation exothermique; le procédé tire parti de ces deux phénomènes opposés et utilise des dispositifs échangeurs de chaleur.

Dans le minerai ainsi traité, le fer passe finalement à l'état d'hématite gamma. Sous cette forme, sa composition chimique Fe_2O_3 est inchangée, mais sa structure cristallographique est du système cubique, en équilibre métastable; ses propriétés magnétiques sont celles de la magnétite. Le minerai enrichi passe dans une séparatrice magnétique qui retient l'hématite et élimine les gangues. Le rendement de l'opération est de 92 à 96 pour 100. En fin de traitement, les concentrés titrent de 64 à 65 pour 100 de fer. Ils sont alors agglomérés et livrés aux usines sidérurgiques.

Des investissements considérables sont prévus pour le développement de cette nouvelle technique à l'échelle de plusieurs dizaines de millions de tonnes annuelles.

Les processus intellectuels chez les animaux

2. La pensée symbolique

Dans notre précédent article (1), nous avons prêté notre attention à différents tests d'intelligence qui nous ont permis une définition fonctionnelle, c'est-à-dire une définition en termes de conduite, de l'intelligence animale : adaptation rapide du comportement à une situation nouvelle pour l'individu et insoluble par des mécanismes innés ou appris. Mais, une telle définition est insuffisante dans la mesure où elle ne nous renseigne pas sur la structure interne de l'activité intelligente, sur ce qu'elle est intrinsèquement et dynamiquement. Que se passe-t-il exactement lorsqu'un chimpanzé utilise un bâton qui se trouve à sa portée pour s'emparer d'un régime de bananes accroché hors de son atteinte, alors qu'il est mis pour la première fois devant cette situation-problème ? En termes anthropomorphiques, nous dirions que l'animal réfléchit, « songe à » utiliser le bâton, comprend le problème et découvre sa solution : bref, qu'il fait comme nous ferions nous-mêmes, qu'il *pense*. Et nous n'aurions point tout à fait tort, car tout se passe comme si sa conduite renvoyait à une *élaboration mentale* seule capable d'expliquer l'aperception d'un moyen, dans la configuration générale du champ, propre à jouer un rôle dans l'activité d'obtention du but : il est impossible que la conduite intelligente ait lieu si, d'une part, l'animal ne « voit pas autrement » la situation avant et après la *découverte* du caractère instrumental du bâton et si, d'autre part, les résultats attendus du comportement réel ne lui sont pas rendus présents de quelque manière avant l'action, s'il ne se *représente* pas symboliquement l'intervalle, l'augmentation d'extension avec le bâton.

Toutefois, ces déductions du psychologue seraient aventureuses et indignes de l'esprit scientifique si elles ne suscitaient des expériences propres à mettre en évidence : 1° la réalité de processus symboliques; 2° le caractère organisé de la perception et l'existence d'une activité de réorganisation perceptive, chez l'animal supérieur. Seules ces expériences permettraient de donner un contenu objectif à la notion de « pensée » animale, car rien ne prouve *a priori* que cette pensée, si elle existe, ne soit pas à ce point différente de celle qui s'offre à notre introspection, que tout raisonnement par analogie ne soit pas entaché d'une erreur fondamentale. C'est donc avec grandes précautions qu'il faut cerner les cas de « comportement de pensée », et partir de ce que nous savons de la pensée humaine pour formuler des hypothèses soumises à la vérification expérimentale. Tenons-nous en pour l'instant au problème de la pensée symbolique.

Symboles et « substituts ». — Partons de notre expérience. Lorsque *nous* pensons, nous possédons et utilisons quelque chose qui représente ce à quoi nous pensons, qui le symbolise : ce quelque chose s'appelle selon les cas, une image (je vois mon automobile « en image » dans mon garage, alors que je me trouve à ma table de travail), une idée ou concept (je songe à « l'automobile » en général, dans son essence, abstraction faite de toute caractéristique particulière, si son cas me vient à l'esprit lorsque je réfléchis sur l'évolution de la civilisation matérielle), un schéma enfin (je vois mentalement le plan général du voyage que je compte faire prochainement).

Images, schémas, idées ou concepts me permettent ainsi d'organiser mon action future, de résoudre des problèmes sans être encore en présence de la situation concrète, de raisonner, c'est-à-dire de découvrir de nouvelles relations entre les éléments de ce donné mental. L'action humaine répond, non seulement à des stimulations extérieures présentes, mais à des « substituts » de ces stimulations. Existe-t-il des substituts de ce genre chez l'animal ? Peut-il imaginer et se souvenir ? A-t-il des schémas, des idées ?

Images et souvenirs : la « réaction différée ». — Nous savons que certains aspects d'une situation peuvent prendre pour un animal, une « signification » qu'ils n'avaient point auparavant : ainsi, au cours de l'épreuve de discrimination, un panneau d'une couleur particulière, ou représentant une figure géométrique, deviendra le *signe* de la nourriture; une fois l'apprentissage terminé, ce stimulus perdra peu à peu ce caractère pour devenir le corrélatif externe d'une nouvelle conduite autonome qualifiée d'habitude. Or, il ne faut pas confondre un signe de ce genre avec ce que nous avons défini par « substitut », car un stimulus-signal est par définition présent au moment où la réaction s'effectue, alors qu'une image-souvenir par exemple, à titre de symbole, n'existe que mentalement. Reconnaître un objet présent est une chose, se souvenir d'un objet absent en est une autre. Souvent nous attribuons la mémoire à un animal parce qu'il reconnaît un stimulus : rien ne nous y autorise, car il peut ne s'agir là que du résultat d'un conditionnement c'est-à-dire de l'actualisation d'une habitude. Qu'est-ce qui prouve que le chien qui reconnaît son maître s'en souvient en son absence, et réagit mentalement ou activement à l'image, au signe *rémanent* de son maître ?

A la suite de Hunter, la psychologie expérimentale a tenté de résoudre le problème de la mémoire vraie, c'est-à-dire de la mémoire comme actualisation de souvenirs en l'absence de toute excitation extérieure (1) à l'aide du protocole dit de « réaction différée ». On aura prouvé l'existence d'une image, si elle est à l'origine d'une réponse : aussi on demandera à un animal de réagir à un excitant donné un certain temps *après* la disparition de ce dernier, de telle sorte que l'excitation ayant disparu du champ, seul un substitut puisse la déclencher et la diriger.

Hunter utilisa une méthode *indirecte*, nécessitant un apprentissage préalable. Il conditionnait d'abord l'animal, placé devant une boîte à plusieurs compartiments, à répondre à un signal lumineux toujours associé avec le bon compartiment (toute autre possibilité de contrôle sensoriel, par exemple l'odorat, étant bien entendu exclue avec précautions); puis, dans l'expérience cruciale, il faisait apparaître le signal lumineux brièvement et ne permettait à l'animal de ne se diriger vers la boîte qu'au bout d'un laps de temps *t* : il fallait bien que l'animal se remémorât quel compartiment avait été éclairé pour fournir une bonne réponse (fig. 1).

Mais il faut noter qu'une pareille méthode d'une part, ne permet de tester que des images immédiates et, d'autre part, est plus difficile qu'on pourrait d'abord le croire, car elle demande le souvenir de la situation de la porte éclairée par rapport aux autres. Aussi bien, Hunter trouva-t-il que les rats et les chiens qu'il testa ne furent capables de bonnes réactions

1. Les processus intellectuels chez les animaux ; I, Les tests d'intelligence, *La Nature*, n° 3225, janvier 1954, p. 28.

1. Voir sur ces distinctions notre ouvrage sur *La Mémoire*, Collection Que Sais-je ?

qu'après de très courts délais (quelques secondes !), sauf dans le cas où ils conserveraient pendant ce délai la même attitude motrice, qui deviendrait alors la bonne explication de la réussite; les ratons laveurs et aussi de jeunes enfants (deux ans et demi) étaient capables de délais plus longs, même après modification de l'attitude motrice. Le caractère décevant des résultats concernant rats et chiens ne juge que la méthode, puisque en utilisant la procédure *directe* on a pu obtenir des délais bien plus longs.

Cette procédure directe consiste à placer sous les yeux de l'animal un appât à un endroit quelconque où il devient à un moment donné invisible; l'animal est retenu, voire emmené au loin, et il ne lui est permis de s'emparer de l'appât que bien plus tard. Son comportement, alors, est une réponse à l'image mentale de l'appât.

On peut placer l'appât simplement sous un récipient, derrière un écran ou encore sous l'un parmi de nombreux récipients, derrière un écran particulier parmi d'autres, et la difficulté de l'épreuve s'en ressent, puisqu'on demande en somme à l'animal de se remémorer l'appât au sein d'une situation moins complexe dans un cas, davantage dans l'autre.

De toute manière ici, on ne teste pas la rémanence d'une image immédiate (analogue à celle qui reste à notre esprit pendant quelques secondes lorsque nous venons de lire sur l'annuaire un numéro de téléphone et que nous nous hâtons de l'énoncer à la téléphoniste, de peur qu'une fugitive distraction ne nous la fasse oublier), mais la persistance d'une sorte de savoir. Et les résultats ont été assez encourageants, variables certes selon la difficulté de la situation perceptive de base, allant de 6 mm à 24 h pour les rats, par exemple, — suffisamment positifs pour rendre légitime l'hypothèse d'images-souvenirs.

Les expériences de Tinklepaugh sur des Anthropoïdes sont à cet égard célèbres : si on cache un fruit devant un chimpanzé dans un tiroir, et si on l'éloigne ensuite, il est susceptible de manifester un comportement de recherche, dirigé par le substitut mental de l'appât-en-situation durant un délai allant jusqu'à 24 h. Si durant ce temps l'appât est subrepticement remplacé par un autre de moindre valeur, l'animal mystifié manifeste une conduite anormale et « conflictuelle » par suite de l'opposition entre le souvenir et la réalité : ses réactions semblent indiquer qu' « il s'attendait » à trouver autre chose, quelque chose de précis, de spécifique par conséquent. « On saisit ici, écrit Tinklepaugh, par sa fonction objective, l'existence d'une représentation ».

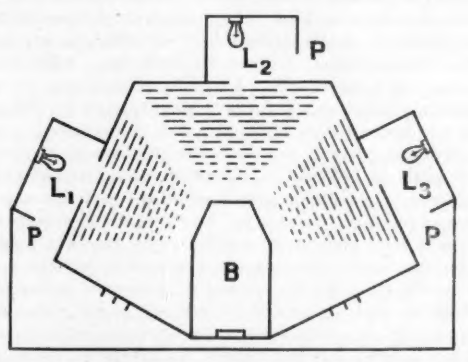


Fig. 1. — *Schéma du « delayed-reaction box » de Hunter.*
L'animal est placé dans la boîte B en verre. On lui apprend d'abord à associer une des lumières L_1, L_2 ou L_3 avec la nourriture en le libérant pendant que la lumière-signal est présente. Une fois cet apprentissage établi, on allume une des trois lumières, on l'éteint et on ne permet à l'animal de sortir de sa boîte qu'après un délai plus ou moins long. Il lui est donc demandé de se rappeler dans quel compartiment la lumière a apparu.

La méthode de réaction différée demanderait une discussion critique serrée que nous ne pouvons faire ici. Il faudrait en particulier bien distinguer ce qui est purement associatif (réaction une fois en présence du signal, devant le pot par exemple) et ce qui est mnémique (activité de recherche préalable) dans l'appareil direct. L'existence de *substituts* de stimuli paraît prouvée, mais les délais sont toujours relativement courts, et il faudrait se garder d'en conclure à la présence, chez les animaux testés, d'une mémoire *rétrospective*, avec conscience du passé, analogue à la nôtre, mais seulement d'une mémoire *prospective*, anticipatrice d'un futur presque immédiat. Ce qui pose la délicate question du sens du temps, que nous lierons à celle de l'existence de schèmes mentaux d'action.

Schèmes et temps : la « double alternance » et le « labyrinthe temporel ». — L'animal vit dans le temps, mais l'appréhende-t-il comme un éternel présent, ou a-t-il conscience du déroulement temporel ? Pour le savoir expérimentalement, il faudrait organiser un protocole tel que l'animal soit obligé de répondre à des éléments indiscernables qualitativement et spatialement, et ne pouvant être distingués que par leur position dans le temps; tel est le cas des *réactions binaires alternantes*. On demandera par exemple à un singe (Gellerman) d'ouvrir deux fois de suite un premier récipient, puis deux fois de suite un second récipient : c'est seulement lorsque les récipients sont ouverts dans cet ordre et de cette manière que l'animal y trouve un appât; ou encore on demandera à un rat (Schlosberg et Katz) de manœuvrer deux fois de suite un premier levier, deux fois de suite un second.

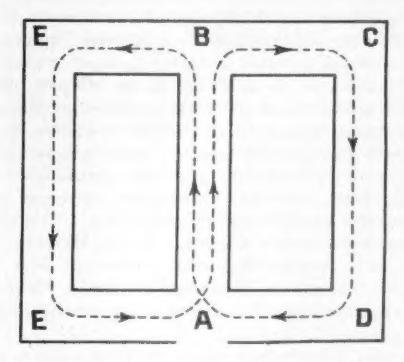


Fig. 2. — *Schéma du « labyrinthe temporel ».*
Ici, le temps devient la variable principale. Une allée centrale AB représente l'élément commun de deux circuits fermés juxtaposés. L'animal doit apprendre à courir deux fois de suite dans le circuit ABCD, deux fois de suite dans le circuit ABEF avant d'obtenir la nourriture. Pendant le dressage, des portes mobiles, placées en A et dans les allées latérales (non représentées), permettent de fermer temporairement l'un ou l'autre des deux circuits.

Mais on a surtout utilisé des réactions de locomotion, en demandant à l'animal, placé dans une boîte comportant un double circuit, dit *labyrinthe temporel*, d'effectuer deux fois un circuit, deux fois un autre pour revenir au même point (fig. 2). Ces performances — que l'on peut d'ailleurs compliquer encore — sont très difficilement réalisables. Très rares furent les rats qui les réussirent. Des ratons laveurs, animaux fort élevés dans la hiérarchie intellectuelle, purent apprendre des séquences complexes. Certains singes allèrent enfin jusqu'à la séquence que l'on peut symboliser par ggddggddggdd (g = gauche; d = droite).

Si nous nous attachons à la double alternance en labyrinthe temporel qui a été la plus étudiée, nous noterons que, l'appareil étant rigoureusement symétrique, aucun repère extérieur

différentiel ne peut guider le sujet et le stimuler à changer de circuit après avoir réalisé deux parcours successifs identiques : le choix nécessite donc alors la présence d'un facteur causal interne, l'animal dressé ayant « en lui » le *schéma temporel de l'action à effectuer*, sous forme d'un plan d'action qui organise temporellement les divers éléments ou phases de l'action totale.

Du moins, telle est l'interprétation de Hunter. Mais, on a objecté non sans raison que point n'est besoin de faire appel à un processus symbolique, mais seulement à l'établissement d'une structure kinesthésique ou proprioceptive d'ensemble que l'animal a tendance à reproduire : en d'autres mots, parcourir deux fois le même circuit fournit un système global d'excitations sensorielles internes différent du système constitué après le parcours simple du même circuit; il n'y a pas d'appréhension, de perception d'une durée. D'autres expériences cruciales, éliminant le rôle de la kinesthésie seraient, à notre sens, à effectuer pour trancher la question.

Toutefois, même à supposer que l'animal possède des schèmes mentaux portant sur le déroulement d'une action cyclique, pourrions-nous vraiment en déduire quelque chose de précis concernant le sens de la durée et l'anticipation organisée des actions à venir ? Nous ne le pensons pas. La réaction à double alternance, sous ses diverses formes, n'implique que le sens du *rythme*. Or, sens du rythme et sens du temps ne sont pas du même ordre. Qui dit rythme dit répétition, aliénation du temps par une projection d'une « grille » spatiale qui a pour effet, précisément, de retrouver, d'instant en instant, une situation analogue à la situation précédente, et donc de maintenir un perpétuel présent. On ne peut donc inférer du sens du rythme au sentiment de l'écoulement temporel, avec souvenir du moment précédent et attente du moment à venir. Un animal qui présente une activité rythmique ne fait que répéter, en obéissant à des stimuli externes ou internes d'ordre proprioceptif, une activité analogue; bref, il obéit à une habitude. Cette habitude a été acquise, comme toute habitude, par conditionnement, c'est-à-dire par greffage sur une réaction instinctive. Et ici, cette activité instinctive est celle-là même qui est le background de toute vie, rythme biologique tissulaire, circulatoire, digestif, exclusif de toute conscience temporelle; à moins qu'on ne veuille admettre que l'horloge qui, elle aussi « vit » un rythme et sonne toutes les heures, a la conscience du temps !

Ces diverses considérations nous conduisent donc à mettre en doute les résultats des expériences de double alternance, qui ne mettent aucunement en évidence un sens quelconque du futur.

On pourrait n'incriminer que la méthode utilisée, si l'observation sérieuse du comportement animal ne permettait également de conclure en ce sens. Köhler écrit combien le temps des Anthropoïdes est limité, dans les deux directions du passé et de l'avenir. Un chimpanzé qui a découvert le caractère instrumental du bâton *ne gardera jamais un bâton en prévision d'un usage futur*. Rien ne révèle, dit-il encore, dans leurs attitudes, une préoccupation des membres absents du groupe; et leur pensée de l'avenir se réduit à quelques manifestations presque instinctives, analogues à celles de l'écureuil qui fait, en vertu d'un mécanisme inné de déclenchement, « provision » de noisettes (chimpanzés gardant les fruits qu'on leur donne).

Tolman lui-même, pourtant très porté à attribuer une activité « cognitive », « intentionnelle » aux animaux, pense que si découvrir le rôle du bâton comme moyen implique la prescience de son utilisation possible, cette prescience n'a aucun rapport avec un projet, au sens humain du terme, constitué d' « idées libres », sans lien immédiat avec une situation concrète : de telles idées « n'existent probablement que chez l'homme ».

L'idéation : conceptualisation, nombre. — Il en est de même, semble-t-il, des idées générales (concepts) et de la notion de nombre.





Fig. 3 et 4. — *Test portant sur la discrimination de la triangularité.* Expérience de H. F. Harlow. On apprend d'abord au macaque à distinguer une forme triangulaire d'autres formes ; ensuite on variera la grandeur du triangle, on l'inversera, etc.

Quelques animaux sont capables de percevoir une forme géométrique « en elle-même ». Supposons qu'une réponse discriminative à un excitant possédant une forme géométrique déterminée, un triangle, par exemple, ait été établie. Dans une série de présentations successives, on fait alors varier, l'un après l'autre, tous les caractères physiques de la forme positive, à savoir, dans le cas d'un triangle, la grandeur, la couleur, sa position dans l'espace, l'aspect du fond, etc., bref, tous les caractères liés à un triangle particulier, pour ne conserver que les éléments définissant la forme triangulaire en général, c'est-à-dire une figure à trois angles et à trois côtés. Lorsque, malgré tout, la figure conserve la valeur d'excitant positif, on parle de la perception de la forme en elle-même, de la *triangularité*.

Des expériences de ce genre ont réussi avec des macaques (Tellier, Andrew et Harlow) (fig. 3 et 4) et des chimpanzés (Gellermann). Mais peut-on en conclure que l'animal possède le concept de triangle dans son esprit, que sa conscience « vise » l'essence du triangle ? La réussite de l'épreuve prouve simplement qu'un stimulus peut être *généralisé*, ce qui n'est pas pour nous surprendre puisque c'est un phénomène intervenant déjà — d'une manière très restreinte — au niveau du réflexe conditionné ([1]).

Un concept est non seulement la saisie des ressemblances, des caractères communs à divers objets, mais aussi la saisie des différences « essentielles » qu'ils ont avec d'autres objets d'autres classes : cette double appréhension n'est observable chez

1. Voir *La Nature*, n° 3218, juin 1953, p. 166.



Fig. 5. — *Chimpanzé échangeant un jeton contre de la nourriture.*
Expériences conduites à la Station d'études des Primates de l'Université de Yale (U.S.A.). Les chimpanzés apprennent aisément à introduire les jetons dans l'appareil et à le faire fonctionner, à ne se servir que de jetons ayant une valeur positive en délaissant des jetons différents se révélant sans valeur d'échange, à choisir entre divers jetons celui auquel une réponse double est liée. Les expérimentateurs peuvent utiliser des jetons pour récompenser un travail, donner à l'animal des jetons qu'il doit échanger, dans une machine spéciale, contre d'autres différents, qui seuls permettent d'obtenir la nourriture. Les jetons semblent donc avoir pour l'animal une valeur symbolique, analogue à celle de nos pièces de monnaie.
(*Photo* NISSEN).

l'enfant qu'après l'acquisition du langage verbal. On doit donc simplement dire que les singes étudiés ont une aptitude singulière à généraliser un stimulus (ce qui est confirmé par les expériences de Kohts portant sur un « choix d'après modèle », l'animal étant requis de choisir un objet semblable à l'objet présenté), mais non qu'ils possèdent pour autant un symbole abstrait de l'objet ou de la forme. Ne mésestimons point cette aptitude à saisir les similarités, qui, chez les singes, dépasse de loin tous les cas de généralisation de stimulus observés dans les cas d'apprentissage chez les animaux inférieurs, car elle est un des sommets des capacités intellectuelles des animaux.

On a cru aussi que les fameux travaux effectués sur des Anthropoïdes à l'Université de Yale par divers expérimentateurs et dont le principe était d'apprendre aux sujets à utiliser des *jetons* pour obtenir de la nourriture (fig. 5), plaidait en faveur de la saisie de la valeur *symbolique* de ces objets. Cela n'est pas certain, car ils n'ont probablement qu'une valeur instrumentale, comme le bâton. Il ne faut pas être dupe de notre propre conception de la monnaie ! D'ailleurs il y aurait de toute façon une marge, ici encore, entre la perception de la valeur générale (plurivalence du moyen) et la conception d'une idée en l'absence de toute situation concrète.

Enfin, dans un article qu'il consacrait en 1936 à la question du nombre, Bierens de Haan écrivait : « L'animal est incapable de former les notions du nombre et de compter ». Qu'en est-il exactement ? On connaît l'histoire des chevaux calculateurs de Berlin et d'Elberfeld, qui non seulement comptaient (en indiquant par un nombre de coups de sabot approprié le nombre d'objets présentés sur une table) mais encore étaient prétendus capables d'effectuer additions et soustractions, voire extractions de racines carrées ou... cubiques ! Et Mæterlinck, qui les avait visités, de s'émerveiller (il en avait l'habitude) : « La réponse semble jaillir automatiquement d'une intelligence invisible... ». En fait, tous les travaux sérieux effectués à ce sujet (Claparède, Heuzé, Bréténier) concluent à un dressage pur et simple : animaux conditionnés à s'arrêter de frapper de la patte à un signal d'arrêt donné consciemment ou inconsciemment par le « maître », et faisant preuve dans leur apprentissage de beaucoup d'aptitudes, d'une observation attentive et d'une grande acuité sensorielle.

Certes, il y a chez l'animal ce qu'on peut appeler des succédanés fonctionnels de la notion de nombre : exécution de certains rythmes d'action d'abord, comme nous l'avons vu, qui se présentent comme la réalisation de structures motrices, c'est-à-dire d'ensembles d'impressions proprioceptives organisées dans le temps ; distinction directe entre la *grandeur* de deux quantités offertes *simultanément* (choisir le plus grand des deux stimuli — expérience réussie chez les poissons, les tortues, les poulets, etc. —, réagir discriminativement à l'un et au multiple — oiseaux, singes), voire *successivement* (après des milliers d'essais chez le chimpanzé selon Harlow). Mais il ne s'agit jamais là nécessairement de la perception du « nombre » comme tel, seulement de l'appréhension d'une structure formelle d'ordre spatial, analogue à la perception différentielle de formes géométriques par exemple.

Conclusions. — Il y a certainement une « pensée » animale et les conduites intelligentes impliquent une élaboration mentale. Nous nous demandions si cette dernière comporte des processus symboliques analogues à ceux qui définissent fondamentalement notre pensée. La psychologie expérimentale répond que la mémoire est très pauvre, ce qui empêche l'animal de se libérer du présent en envisageant le futur à longue échéance sur le modèle du passé, ou par réaction contre lui. Le sens du temps est quasi inexistant. Enfin, chez les animaux très supérieurs, quelques succédanés moteurs de ce que nous appelons idées abstraites et générales. Aussi, impossibilité d'organiser symboliquement un système de connaissances : cela explique que l'animal ne puisse *comprendre* et *inventer* qu'au sein d'une situation *concrète* et qu'il lui soit quasi impossible d'apercevoir des *rapports abstraits*, ainsi que nous le verrons dans une étude prochaine.

(*à suivre*).

JEAN C. FILLOUX,
Agrégé de l'Université.

Un détecteur ultrasensible des vapeurs de mercure

Le mercure est devenu un des plus importants métaux industriels ; la construction électrique et électronique, l'industrie chimique en font une consommation considérable. Or son état liquide et la facilité avec laquelle il émet des vapeurs le classent dans la catégorie des poisons les plus dangereux. Dans les ateliers manipulant le mercure on a trouvé des doses de vapeur de mercure de 2.10^{-5} g par mètre cube d'air et les études effectuées sur ce sujet ont montré qu'on ne pouvait admettre sans danger pour les ouvriers des doses supérieures à 0,1 mg par mètre cube.

Aussi vient-on de mettre au point un détecteur ultrasensible utilisant les propriétés optiques de l'absorption par résonance. C'est une lampe à vapeur de mercure à enveloppe de quartz qui fournit un spectre d'émission dont l'intensité, après sa traversée de l'atmosphère incriminée, est mesurée par une cellule photo-électrique. Des traces de mercure en vapeur absorbent par résonance au voisinage de la raie 2537 angströms en provoquant une variation très notable de l'intensité reçue par la cellule. L'appareil peut déceler jusqu'à 2.10^{-4} g de mercure par mètre cube d'air.

1953 : été pluvieux, année sèche

Pour établir le bilan définitif des conditions météorologiques de l'année écoulée, il est nécessaire de vérifier chiffre par chiffre, pour chaque point d'observation, les relevés qui servent de base. Ce travail nécessite des semaines, voire des mois, de comparaisons minutieuses et les résultats qui figureront finalement au Registre officiel de l'histoire du temps, établi par la Météorologie Nationale, ne sont pas encore connus.

Nous n'aurons donc pour dessein, dans cette courte étude préliminaire, que de donner un bilan provisoire de l'année météorologique 1953, sacrifiant — le moins possible — l'exactitude absolue aux exigences de l'actualité. Les conclusions en seront néanmoins très valables ; l'image du temps passé n'en sera pas déformée. Tout au plus quelques données numériques seront à reviser de quelques unités dans la climatologie définitive.

La température. — Les caractères de l'atmosphère en 1953 ont été, au demeurant, assez marqués pour qu'on ne s'y trompe pas. Curieuse année qui a connu des excès relatifs, souvent compensés les uns par les autres, et donnant finalement des moyennes annuelles assez proches des valeurs *normales* calculées sur 30, 50 ou 70 ans.

Ainsi, en de nombreux points du territoire français, l'écart entre le minimum absolu de température de 1953 et le maximum absolu atteint ou dépasse 40° (de — 7° à + 33° à Toulouse ; de — 4,6° à + 35,2° à Perpignan ; de — 6,4° à + 36,4° à Saint-Jean-de-Luz ; et même de — 19,6° à + 32,6° à Strasbourg, soit un écart de 52,2°, ce qui est considérable (fig. 1).

Tous les minima importants ont eu lieu en janvier et février : on sait que la fin de l'année a été caractérisée par un temps assez doux. Par contre, les maxima absolus s'échelonnent entre mai et septembre, à l'exception de juin qui a été plus froid que de coutume.

Les courbes des écarts à la normale des moyennes de température pour Paris, Brest et Nice font apparaître des divergences au début de l'année et un déficit en juin et juillet, mois durant lesquels la température a été généralement inférieure à la normale (fig. 2).

Or, depuis 1945, la température moyenne estivale a dépassé fréquemment la normale de plus de 1,5°. Cette première saison, plus fraîche, a donc tout particulièrement frappé les esprits.

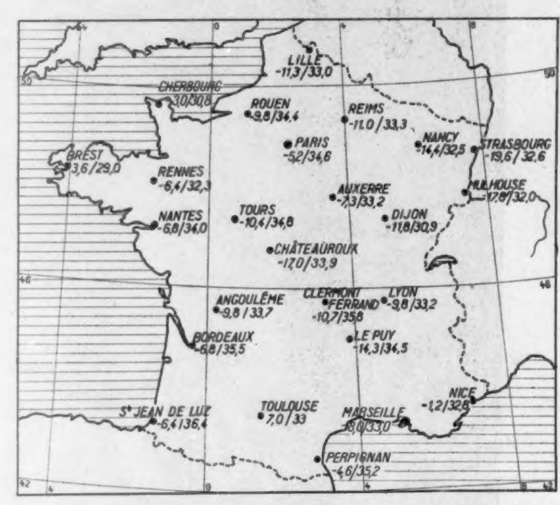


Fig. 1. — *Minima et maxima absolus de la température en 1953.*
Tous les minima absolus ont été observés en janvier ou février ; les maxima absolus ont généralement été observés en août, ceux de Marseille et Nice en juillet, celui de Nancy en mai, ceux de Bourges (34,5°) et du Mans (34,5°) en septembre. Lyon, Mulhouse, Tours et Toulouse ont eu en septembre des maxima absolus égalant ceux d'août.

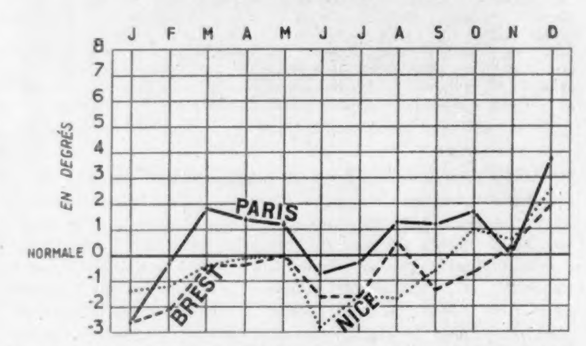


Fig. 2. — *Écarts des moyennes mensuelles de la température en 1953 avec les normales pour Paris, Brest et Nice.*

TABLEAU I

ÉCARTS DES MOYENNES MENSUELLES ET ANNUELLES DE LA TEMPÉRATURE EN DEGRÉS AVEC LA NORMALE
(Normale : moyenne 1901-1930).

Villes	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année	
													Moyenne	Ecart
Brest	— 2,6	— 2,1	— 0,4	— 0,4	0,0	— 1,6	— 1,6	— 0,5	— 1,4	— 0,7	+ 0,3	+ 1,9	11,0	— 0,7
Lille	— 2,6	— 0,7	+ 0,2	+ 0,8	+ 0,5	— 0,1	— 0,2	+ 0,3	+ 0,4	+ 1,5	+ 0,6	+ 2,4	10,2	+ 0,3
Nice	— 1,4	— 1,2	— 0,4	— 0,1	0,0	— 2,8	— 1,6	— 1,7	— 0,6	+ 1,0	+ 0,6	+ 2,5	15,4	— 0,5
Paris	— 2,6	— 0,3	+ 1,8	+ 1,4	+ 1,2	— 0,7	— 0,3	+ 1,3	+ 1,2	+ 1,7	0,0	+ 3,7	11,7	+ 0,7
Saint-Jean-de-Luz	— 3,3	— 4,1	— 0,8	+ 0,9	— 0,4	— 2,2	— 1,4	— 0,4	— 1,5	— 0,2	+ 1,1	+ 3,6	13,3	— 0,7
Strasbourg	— 1,5	— 0,6	+ 1,1	+ 1,6	+ 1,1	— 0,5	+ 0,1	+ 0,5	+ 1,0	+ 1,4	+ 0,4	+ 0,9	10,4	— 0,4

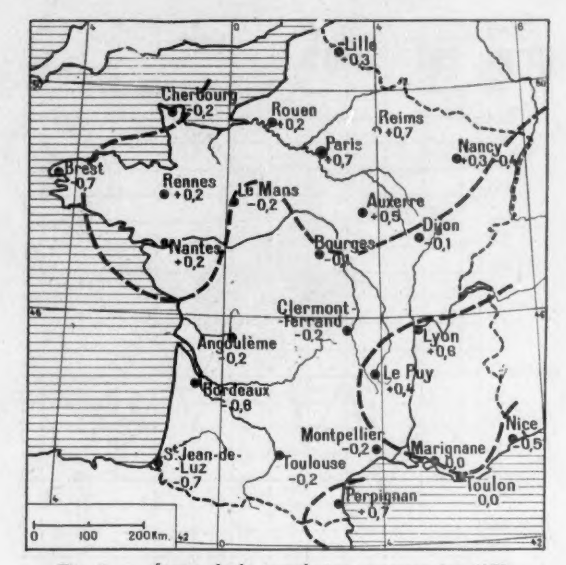


Fig. 3. — ***Écarts de la température moyenne en 1953 avec la normale annuelle en divers points de la France.***
Les lignes discontinues indiquent les limites approximatives des régions à écart positif et des régions à écart négatif.

On remarquera enfin, sur ces courbes des écarts, que dans le midi les températures ont été inférieures à la normale ; ceci est vrai pour tout le sud de la France. Le tableau I donne mois par mois les écarts des moyennes dans six villes par rapport aux moyennes de 1901 à 1930.

Les écarts annuels avec les normales sont faibles en général, de l'ordre de + ou — 0,2°. Ils sont positifs dans le Nord, la Normandie, l'Est, le Sud-Est, et négatifs ailleurs (fig. 3).

Les nombres de jours de gelée et de jours de neige de l'année 1953 (tableau II) montrent également la rigueur du début de l'année, car janvier et février ont contribué pour la majeure partie à les porter à ces niveaux élevés (sauf pour Nice qui a bénéficié, avec la côte méditerranéenne, d'un temps relativement doux).

Tableau II

Nombre de jours de gelée, de neige et de pluie en 1953

Villes	Gelée	Neige	Pluie
Brest	17	6	164
Nice	1	0	75
Paris	39	20	132
Saint-Jean-de-Luz	37	2	111
Strasbourg	102	29	129

Au total, 1953 aura été, malgré ses fluctuations, une année moyenne quant à la température de l'air au voisinage du sol ; un peu plus favorisée cependant dans la moitié nord que dans la moitié sud.

Le soleil. — Les courbes des quantités d'ensoleillement ne suivent pas les courbes de température durant

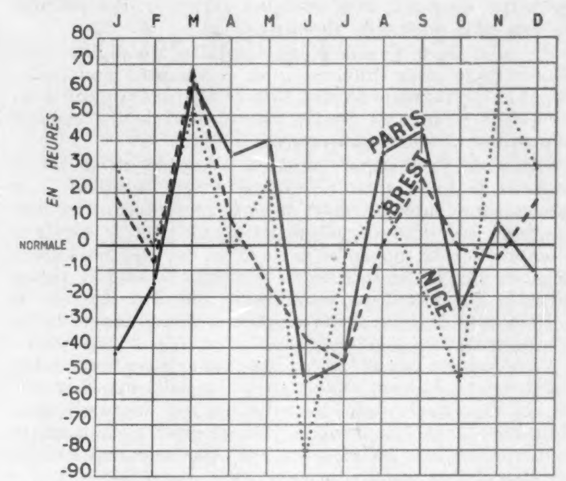


Fig. 4. — ***Écarts des nombres mensuels d'heures de soleil en 1953 avec les moyennes normales pour Paris, Brest et Nice.***

les mois d'hiver (fig. 4). Elles sont même le plus souvent inversées, les périodes froides correspondant aux situations anticycloniques classiques d'hiver (vent d'origine continentale, ciel dégagé et fortes pertes de chaleur, la nuit, par rayonnement). On ne sera donc pas surpris de voir des ensoleillements mensuels supérieurs aux normales durant janvier et février, à Brest et à Nice, alors que les températures sont relativement basses.

A Paris, l'insolation est inférieure à la normale durant ces deux premiers mois, froids cependant ; brouillards et nuages de neige sont responsables de ce manque de soleil ; ils correspondent à d'autres situations froides.

On remarquera sur le graphique le faible ensoleillement relatif, en toutes régions, durant les mois de juin et juillet, tandis que le printemps et l'automne sont marqués par des maxima.

Tableau III

Nombre d'heures de soleil en 1953

Brest	1 816 h	(moyenne pour St-Mathieu sur 10 ans : 1 791)
Paris	1 814 h	(» » Paris » : 1 800)
Nice	2 748 h	(» » Antibes » : 2 759)
Strasbourg	1 691 h	(» » Strasbourg » : 1 688)

On voit immédiatement que l'insolation a été normale, à quelques heures près sur près de 2 000 heures, dans les diverses régions. Pour le soleil, comme pour la température, l'année 1953 n'aura pas été exceptionnelle en moyenne.

Les précipitations. — Si pour les deux premiers paramètres, température et soleil, nous avons trouvé des variations assez comparables d'une ville à l'autre au cours de l'année (le parallélisme des courbes est saisissant), il n'en va pas de même pour les courbes des précipitations (pluie, neige, etc.), particulièrement pour celles de Nice, d'une part et celles de Paris et de Brest, d'autre part (fig. 5). Ces deux dernières villes connaissent en effet, le plus souvent, les mêmes systèmes nua-

geux qui donnent, avec quelques variantes, des précipitations plus ou moins abondantes ici ou là.

Le midi de la France a, au contraire, un régime pluviométrique assez différent : les écarts sont non seulement amplifiés mais décalés dans le temps. On passe d'un déficit de 89 mm en mars à un excédent de 108 mm en septembre et même 123 mm en octobre.

Mais une remarque générale s'impose : en toutes régions le bilan total est inférieur aux normales. Les pluies abondantes du midi de la France, durant les derniers mois de l'année, n'ont permis au total de Nice que d'approcher la moyenne normale et les 299 mm d'eau tombée sur le Roussillon en décembre ont fait passer l'écart du bilan pluviométrique de Perpignan, de — 116 mm à la fin de novembre à + 117 mm à la fin de décembre.

Il n'en reste pas moins que, sauf cette exception de dernière heure, l'année 1953 a été sèche (tableaux II et IV). Il est regrettable pour les estivants que les seuls mois humides aient été ceux de juin et juillet, mois particulièrement peu favorisés en 1953 par leur température et leur faible ensoleillement.

Tableau IV

Écarts du bilan pluviométrique de 1953 avec les normales (1900-1930)

Villes	Ecarts en mm	Villes	Ecarts en mm
Bordeaux	— 367	Nice	— 17
Bourges	— 189	Paris	— 197
Brest	— 120	Perpignan	+ 117
Lille	— 306	Saint-Jean-de-Luz	— 188
Lyon	— 183	Strasbourg	— 168
Marseille	— 84	Toulouse	— 310
Nantes	— 260		

On notera que les quantités normales de pluie (et autres précipitations) dans les plaines françaises varient de 600 à 900 mm par an ; le déficit atteint donc souvent 30 à 40 pour 100.

Cependant, malgré ce caractère dominant portant sur la sécheresse, 1953 a connu quelques dépassements pour d'autres facteurs météorologiques.

Ainsi l'hiver 1952-1953 a connu un nombre de jours de chutes de neige rarement atteint à Paris : 25 jours, dont 20 en janvier et février 1953.

En revanche, on n'a connu que 23 heures de soleil en janvier 1953 à Paris ; ce qui est exceptionnellement peu.

La sécheresse de mars (quelques traces — non mesurables — d'eau recueillies à Paris) ne connaît qu'un précédent : 1929. Son ensoleillement (224 heures) est par contre assez remarquable.

Le 25 mai, le minimum de température atteint 20,3° et le maximum 32,5°. La température moyenne de ce jour est inusitée à pareille date.

Il faut encore citer, dans le même ordre de faits, la température du 4 décembre (16,4° à 16 h à Paris) et la permanence durant novembre et décembre d'une situation anticyclonique sur l'Europe et la Méditerranée, entraînant pour tout le mois de novembre une humidité relative de 91 pour 100.

Ainsi, la vie de l'atmosphère est faite d'excès de sens

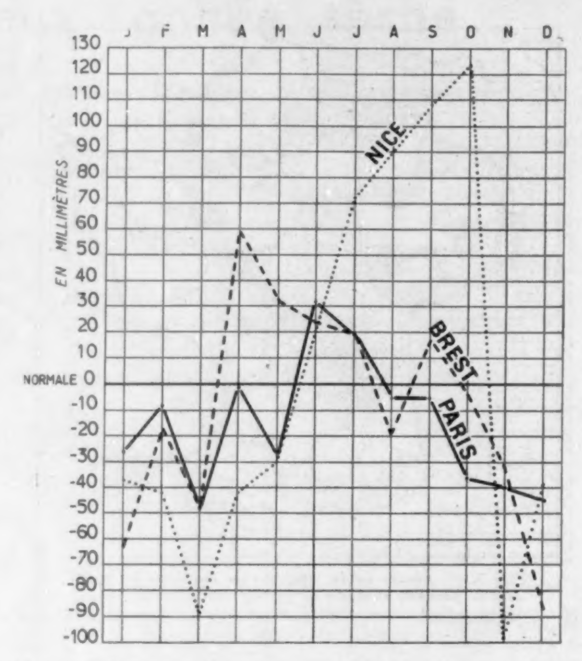


Fig. 5. — *Écarts des hauteurs mensuelles de précipitations en 1953 avec les moyennes normales pour Paris, Brest et Nice.*

contraires dont les effets sur les moyennes s'annulent souvent ; mais si le bilan est finalement « normal », le travail quotidien de ceux qui ont pour mission de prévoir ces écarts n'en est pas facilité pour autant, bien au contraire.

R. C.

LE CANAL SONORE

Dans le premier numéro de la nouvelle *Revue du Son*, consacrée à l'acoustique et à l'électroacoustique, on pouvait lire, après un article du général Leschi, directeur technique de la RTF, sur les rapports entre son et Radio, une étude de A. Moles, intitulée « Le canal sonore », qui paraît définir le programme de cette revue technique. Le canal sonore, c'est toute la chaîne extraordinairement complexe qui sert à transmettre les messages acoustiques : son, parole et musique, depuis l'endroit où ils sont produits jusqu'à l'auditeur. Norbert Wiener a fait remarquer que cette transmission est en réalité un agrandissement des sens de l'homme jusqu'aux extrémités du monde, conception qui fait une place très large à la récente « théorie de l'information », servant de cadre conceptuel aux études modernes sur la transmission. Ainsi, la *Revue du Son* étudiera tous les éléments de cette chaîne : microphones, studios, amplificateurs, graveurs, magnétophones, récepteurs, disques, pick-ups, etc., de même que les propriétés générales de ces transformations : fidélité, déformations, bruit. Plus généralement encore, il s'agit d'explorer les régions de la « carte sonore » que forme le diagramme bien connu des acousticiens sous le nom de réseaux de courbes d'audibilité de Fletcher qui définit, à côté du *domaine sonore*, ceux des ultra-sons, des infra-sons, des vibrations mécaniques, dont certaines régions restent actuellement très peu connues quant à leurs propriétés physiques. Depuis quelques années, plus de 90 pour 100 de la musique jouée dans le monde passe par un microphone et devient, de ce fait, tributaire du canal sonore ainsi défini, ce « merveilleux mis dans le commerce » selon l'expression de Paul Valéry. Il était utile qu'il parût en France une revue consacrée à ces problèmes ; elle retiendra l'attention d'un très grand nombre de techniciens et d'usagers.

L'amorçage et la croissance des explosions dans les liquides et les solides

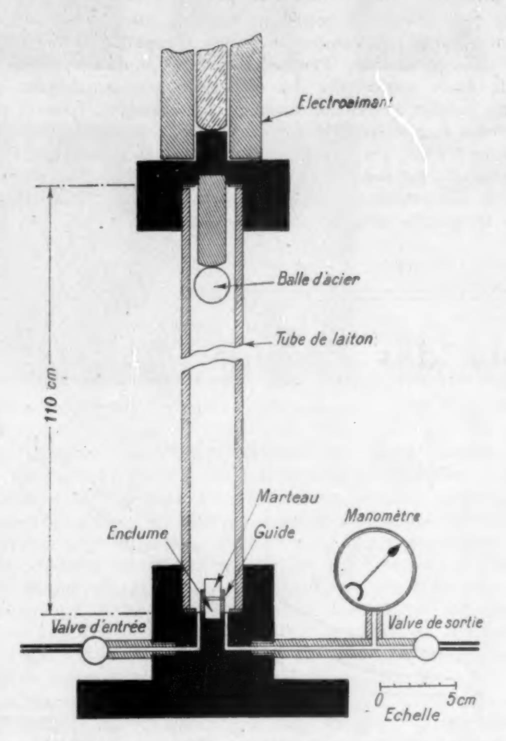


Fig. 1. — *Appareil pour l'étude des impacts à forte pression initiale.* (D'après BOWDEN et YOFFE).

Le comportement des explosifs offre toujours une certaine part d'imprévu et des explosions catastrophiques ont pu survenir alors que toutes les consignes de sécurité semblaient respectées. C'est qu'on connaît mal le mécanisme de ces décompositions.

Un certain nombre de tests empiriques permettant de déterminer la sensibilité des explosifs aux chocs et aux frottements sont au point depuis longtemps. Cependant ces tests ne donnent pas toujours des résultats décisifs. On a pensé longtemps que le mécanisme de la réaction était à l'origine un mécanisme tribiochimique, c'est-à-dire que la décomposition était amorcée par la rupture directe de quelques molécules sous l'action de violentes contraintes locales. Des expériences de laboratoire n'ont pas confirmé cette hypothèse (1). Elles ont au contraire mis en évidence le fait que, pour le plus grand nombre des cas, il s'agit d'un phénomène thermique lié à l'apparition de fortes températures locales *(hot spots)*, points chauds de 10^{-3} à 10^{-5} cm de diamètre. La réaction s'amorce alors autour de ces régions. Trois types de phénomènes peuvent provoquer la formation de ces points chauds, les deux premiers étant de loin les plus importants :

la compression adiabatique de petites bulles de gaz incluses dans l'explosif;

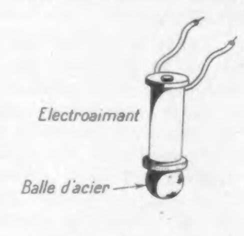
les frottements entre surfaces en contact ou entre particules étrangères mêlées à l'explosif, ou encore entre les cristaux constituant l'explosif lui-même;

enfin, exceptionnellement, l'échauffement dans les frottements visqueux quand l'explosif est chassé par l'impact de deux surfaces.

Des méthodes variées montrent que la température de surface de deux solides qui glissent l'un sur l'autre peut atteindre localement des valeurs élevées. Quand il s'agit de deux métaux différents, la mesure de la force électromotrice de contact permet d'atteindre la température. Sur l'écran d'un oscillographe cathodique on enregistre des pointes de température de quelques dix-millièmes de seconde atteignant facilement 1 000° C, même si les surfaces en frottement sont enduites de liquide. Avec des solides non métalliques (verre, quartz), on ne peut utiliser la méthode précédente, mais il est facile d'apercevoir, sur la surface de glissement, des points lumineux fugitifs correspondant aux points chauds et, d'ailleurs, d'autant plus brillants que la vitesse de glissement est plus forte. La température maximum atteinte est égale à la température de fusion du plus facilement fusible des solides en présence.

Pour étudier l'amorçage de l'explosion, on utilise un disque de verre recouvert d'un mince film d'explosif liquide (nitroglycérine par exemple), qui tourne à vitesse fixe, et sur lequel glisse une pièce métallique. On peut faire varier le poids qui s'exerce sur celle-ci et sa distance au centre du disque. On constate que, pour une vitesse de glissement déterminée, il faut une certaine charge pour provoquer l'explosion. Si l'on s'adresse à la nitroglycérine, par exemple, il faut utiliser un métal de point de fusion supérieur ou égal à 480° C. Ceci montre que les points chauds ne sont efficaces que si leur température est égale ou supérieure à 480° C. La conductivité calorifique du métal joue également son rôle. Tous ces résultats incitent à penser que ce sont bien les points chauds qui sont à l'origine de l'explosion.

L'étude de la sensibilité des explosifs liquides aux impacts confirme ces résultats. Elle augmente considérablement quand



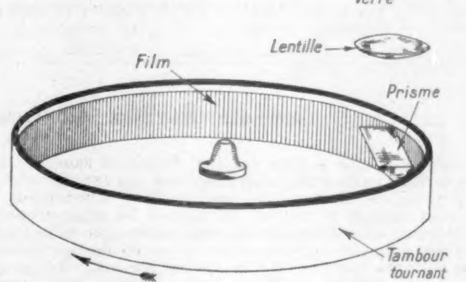


Fig. 2. — *Schéma d'une chambre photographique à tambour tournant à grande vitesse pour l'étude de la détonation.* (D'après BOWDEN et YOFFE).

1. F. P. BOWDEN et A. D. YOFFE. The Initiation and Growth of Explosions in Liquids and Solids. *Cambridge Monographs on Physics*, 1952.

des bulles de gaz microscopiques sont emprisonnées dans le liquide. Avec la nitroglycérine, en présence d'une bulle de 5.10^{-3} cm de rayon, un marteau de 40 g tombant de 10 cm provoque l'explosion. En l'absence de bulle il faut utiliser un marteau de 1 kg tombant de 1 m.

C'est la compression adiabatique de la bulle au cours de l'impact qui provoque l'échauffement local. Pour un gaz parfait, la température atteinte dans la bulle (T_2 en degrés absolus) est donnée par la relation :

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}$$

(P_1 est la pression initiale, P_2 la pression finale, γ le rapport des chaleurs spécifiques à pression et volume constants).

L'expérience montre que l'explosion ne peut avoir lieu pour des valeurs de P_2/P_1 inférieures à 20, ce qui correspond à des températures de 450° C environ. On vérifie également que l'efficacité croît quand P_1 diminue (il est alors plus facile d'obtenir de fortes valeurs de P_2/P_1) et quand γ croît. On a pu procéder à des vérifications quantitatives.

Le mécanisme par lequel la réaction, amorcée autour des points chauds, se transforme en une détonation a été étudiée sur de minces films d'explosifs (0,1 à 0,5 mm d'épaisseur). Cette étude a nécessité des dispositifs photographiques spéciaux (camera à tambour tournant par exemple). Dans la plupart des cas, l'explosion commence par une combustion relativement lente qui s'accélère rapidement et se transforme en détonation. Cependant on constate que dans un film d'explosif, la détonation se propage avec une vitesse moins grande que lorsqu'elle intéresse une forte masse.

A. L.

La longévité croissante des Parisiens

La Nature a déjà signalé il y a quelque temps la baisse considérable de la mortalité infantile en France. Les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* (t. **236**, 1953, p. 2361) ont publié une étude statistique de la longévité des Parisiens en ce dernier demi-siècle, établie par le professeur Léon Binet, doyen de la Faculté de Médecine de Paris, et M. Albert Besson, statisticien connu. Chacun y trouvera des raisons de se réjouir.

En 1900, l'âge moyen de mort à Paris était de 40 ans; il a atteint en 1950, 57 ans. Cela représente une prolongation moyenne d'existence de 17 ans pour chaque personne.

Les courbes établies par âges sont non moins frappantes. En 1900, on comptait 26 pour 100 des décès entre la naissance et 19 ans; en 1950, ils ne représentaient plus que 9 pour 100 de la population totale. En 1900, 22,5 pour 100 seulement dépassaient 65 ans; en 1950, la moitié des Parisiens atteignaient cet âge.

Les tableaux de chiffres que donnent MM. Binet et Besson, résumés en un graphique (fig. 1), montrent que les progrès très marqués pour le premier âge sont sensibles à tous les autres, même pour les adolescents et les jeunes adultes. Les taux de mortalité s'abaissent constamment et régulièrement quand on compare les statistiques de 1900, de 1930 et de 1950. L' « espérance de vie », comme disent les actuaires des assurances, ne cesse de grandir et avec elle les autres espoirs qui lui sont liés, de santé et d'activité.

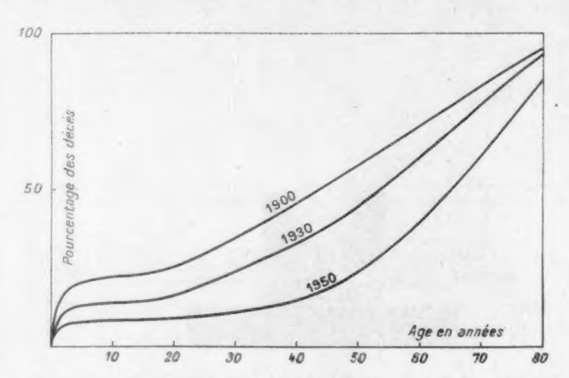


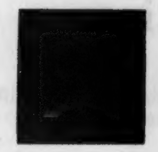
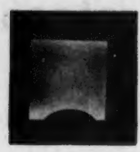
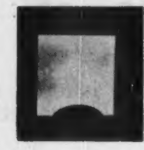
Fig. 1. — *Pourcentage des décès après différents âges à Paris depuis un demi-siècle.*

Les causes en sont multiples, les unes directes comme les progrès de la thérapeutique, de la médecine, de la chirurgie qui suppriment ou atténuent les effets des maladies et des accidents, les autres plus collectives, plus sociales, telles que les mesures d'hygiène, les progrès techniques de la construction et de l'urbanisme, les secours de la sécurité sociale, l'aide à la maternité et à la famille, l'amélioration du niveau de vie. On n'en goûte pas encore tous les fruits, puisque ce sont pour la plupart des notions neuves, mal précisées, souvent appliquées sans expérience suffisante par des cadres non préparés, et revendiquées par les passions politiques, parfois aux dépens du bon sens. On peut donc espérer mieux dans les années qui suivront. Elle augmente la proportion des personnes âgées dont l'activité se réduit peu à peu. Leur prise en charge par la collectivité active, ou simplement leur soutien, l'aide qu'il faut bien leur accorder deviennent de très lourdes charges sociales et la charité ne suffit plus. Force sera de leur trouver emploi et utilisation selon leur forces déclinantes. La question de l'âge de la retraite pour certaines catégories de travailleurs donne déjà lieu aux discussions que l'on sait. Mais c'est tout un aménagement nouveau de la société actuelle à imaginer et à réaliser.

La stérilisation électronique des produits alimentaires

Une note technique publiée par Mme Manceron dans les *Industries agricoles et alimentaires* de novembre dernier est consacrée à la stérilisation électronique des produits alimentaires. Les rayons électroniques permettent de détruire les micro-organismes et les enzymes sans élévation de température ; on évite ainsi de modifier les propriétés physiques et chimiques des produits traités. Les aliments sont soumis à un rayonnement d'électrons à grande vitesse, 270 000 à 295 000 km/s ; l'action stérilisante est due à l'ionisation déclenchée au sein même du produit irradié. On dispose actuellement d'un grand nombre de sources de particules à grande vitesse ; le marché américain utilise deux types de générateurs, le Capaciton et l'accélérateur de Van Graaff. Les modalités d'application industrielle ainsi que les problèmes d'hygiène publique ainsi posés ne sont pas entièrement résolus, mais on peut prévoir que la stérilisation à froid aura un large développement dans un proche avenir.

Condensateurs électroluminescents

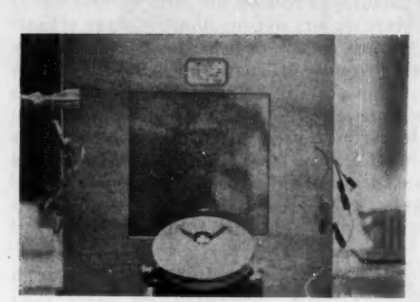





Fig. 1 *(ci-dessus).* — ***Condensateur illuminé à la fréquence de 500 cycles par seconde.***

De gauche à droite, tensions de 45, 55, 65 et 75 V.

Fig. 2 *(à gauche).* — ***Condensateur vu à la lumière du jour.***

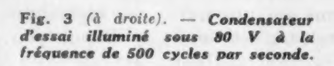


Fig. 3 *(à droite).* — ***Condensateur d'essai illuminé sous 80 V à la fréquence de 500 cycles par seconde.***

Un ingénieur des Arts et Manufactures entré maintenant dans l'Université, le professeur Georges Destriau, avait signalé en 1936 la possibilité d'illuminer certaines substances par la seule action des champs électriques variables. Dès 1937 il réalisa les premiers condensateurs électroluminescents. Ayant continué ses recherches avec des collaborateurs, M. Destriau donna en 1945 un exposé des divers résultats, dans le *Philosophical Magazine*. De nombreux laboratoires, principalement aux États-Unis mais aussi en Angleterre, en Hollande, en Belgique, en Autriche et en Allemagnge, s'intéressèrent alors au nouveau phénomène.

Les résultats acquis sont déjà suffisamment encourageants pour que des installations d'essai aient été réalisées aux États-Unis et même que certaines applications réduites aient été commercialisées ([1]).

Le principe de la nouvelle source lumineuse est extrêmement simple. Une substance convenable traitée spécialement (oxydes, sulfure, silicate, séléniure de zinc ou de cadmium) est incorporée dans le diélectrique d'un condensateur très mince (épaisseur de 3 à 4 centièmes de millimètre); les armatures conductrices sont constituées, l'une d'un dépôt métallique, l'autre d'un verre transparent rendu conducteur en surface par un traitement à chaud aux vapeurs de chlorure d'étain et de chlorure d'antimoine. L'application d'une tension alternative entre les armatures du condensateur produit dans le diélectrique un champ électrique alternatif et la substance spéciale s'illumine sous cette seule action. Récemment, le professeur Bernanose vient d'illuminer par le même procédé certains composés organiques d'acridine.

La brillance de ces condensateurs électroluminescents est une fonction rapidement croissante de l'intensité du champ électrique; il y a donc intérêt à réaliser des condensateurs aussi minces que possible. Avec certains produits la brillance s'accroît aussi considérablement avec la fréquence. L'action d'une élévation de température est plus complexe; la brillance passe en général par un maximum pour une température de l'ordre de 60° à 80°.

Les teintes réalisées sont bleues, vertes, jaunes et même orangées; les produits bleus et verts paraissent actuellement les plus sensibles.

L'illumination est immédiate, dès la mise sous tension; la brillance croît cependant quelque peu dans les premières secondes de fonctionnement et les brillances obtenues peuvent atteindre 100 footlamberts; si l'on compare ce nombre aux 2 700 footlamberts des tubes fluorescents linéaires actuels, on se rend compte que les condensateurs électroluminescents réalisent des sources étendues de faible brillance qui offrent en quelque sorte directement les avantages de l'éclairage indirect.

La « vie » des condensateurs électroluminescents est extrêmement longue : après une chute initiale de 20 pour 100 dans les premières mille heures de fonctionnement, la brillance se maintient pratiquement constante durant des milliers l'heures (8 000 h actuellement avec les condensateurs d'essai). Il semble que la rigidité mécanique du diélectrique ait une grande importance sur la vie de ces condensateurs; la chute de brillance semble due en effet à l'orientation des dipôles induits par le champ; les diélectriques durs sont donc préférables aux diélectriques mous.

Ce mode d'éclairage a en outre l'avantage de compenser dans une certaine mesure l'énergie inductive du réseau et, par ce fait, de contribuer au relèvement du facteur de puissance. Les rendements cependant doivent être encore améliorés; la lumière émise vers l'arrière, soit 50 pour 100, est pratiquement perdue et les cristaux électroluminescents actuels sont assez absorbants, si bien qu'on ne dépasse guère, pour le moment, 10 lumens par watt (contre 40 lumens par watt avec les tubes fluorescents). Ce problème technique sera résolu.

Une équipe travaille sur ce phénomène au laboratoire de luminescence de la Faculté des Sciences de Paris dirigé par le professeur Maurice Curie. S'il est donc vrai que les réalisations industrielles nous soient venues de l'étranger, il s'agit d'une découverte française à laquelle s'intéresse toujours une équipe de chercheurs français.

Raymonde Durand.

1. *La Nature*, n° 3209, septembre 1952, p. 280. Pour une vue d'ensemble, voir une conférence récente de M. Georges Destriau, *Bulletin de la Société française des Électriciens*, 7e série, t. 3, n° 30, juin 1953.

La marche vers le zéro absolu

On a annoncé que le Laboratoire Kamerlingh Onnes, à l'université de Leyde, spécialisé dans l'étude des basses températures, serait en mesure d'atteindre — 273,15° C, approchant d'environ un cent millième de degré le zéro absolu.

Les premiers êtres vivants

Protistes : Protophytes et Protozoaires

La publication en cours du *Traité de Zoologie* dirigé par le professeur Grassé, dont sept volumes ont rapidement paru, offre des occasions de faire le point de questions brûlantes, toujours en discussion parmi les biologistes, notamment sur l'origine des êtres vivants, la filiation, la descendance, la parenté, la variation et l'évolution des divers groupes d'animaux.

L'an dernier et cette année, deux volumes sont sortis, constituant le tome premier consacré aux Protozoaires [1]. M. Grassé a dû définir et délimiter ce groupe placé au début de la classification zoologique ou par certains auteurs au bas de l'arbre généalogique de tous les êtres vivants. Il en fait un premier embranchement séparé de ceux des Métazoaires par le fait que les animaux très divers qui le constituent ont le corps formé par une unique cellule. Cela conduit à définir ce qu'est une cellule, à reconaître qu'il en existe d'analogues chez des végétaux inférieurs, à se demander si la vie est conditionnée par une structure cellulaire ou s'il existe des êtres vivants plus simples ou tout différents.

*
* *

Les Protozoaires sont très petits, généralement invisibles à l'œil nu ; leur présence ne se révèle qu'au microscope ou, en masses, par certains effets tels que le trouble, la coloration, la phosphorescence du milieu, ou les actions pathogènes des espèces parasites. Aussi leur étude ne commença-t-elle que très tard et ils n'apparurent dans la systématique qu'en 1845, lorsque von Siebold les détacha des Zoophytes de Cuvier.

Haeckel, féru de phylogénie et d'évolution, ajouta aux deux règnes des animaux et des végétaux un troisième règne des Protistes où il réunit tous les êtres vivants unicellulaires, quels qu'ils soient, avec ou sans noyau apparent, avec ou sans chlorophylle. Il y voyait des chapelets de formes reliant les deux autres règnes et montrant les passages des végétaux aux animaux. A l'origine aurait été un être vivant simple sans noyau, la Monère, premier organisme sorti du règne minéral. Haeckel fit des Monères une classe où il plaça pêle-mêle des êtres réels tels que les Bactéries et des Algues inférieures, des fragments cellulaires et même des précipités colloïdaux comme le mythique *Bathybius* du fond des mers.

Les Protistes sont-ils le tronc commun de tous les êtres vivants à cellules multiples et différenciées, les Métaphytes et les Métazoaires ? On bien la distinction entre végétaux et animaux apparaît-elle déjà parmi eux ? Existe-t-il des Protophytes et des Protozoaires venus d'un ancêtre sans noyau, sans pigment, quelque Flagellé incolore, quelque Bactérie ou même plus loin encore quelque virus ? Malgré toutes les recherches récentes, les progrès de la microscopie et de l'analyse chimique, la question de l'origine de la matière vivante, celle des parentés entre végétaux et animaux, celle des filiations entre êtres unicellulaires et pluricellulaires restent toutes incertaines et controversées.

On a reconnu parmi les Protistes des êtres *hétérotrophes* qui ne peuvent vivre qu'aux dépens d'autres êtres vivants leur procurant certains composés organiques déjà synthétisés. D'autres, *autotrophes*, utilisent l'énergie solaire pour intégrer divers composés minéraux dans des molécules complexes ; tels sont les végétaux verts, à chlorophylle, qui assimilent le carbone de l'anhydride carbonique de l'air et le combinent à l'eau pour constituer des sucres et des celluloses, ou encore diverses bactéries anaérobies qui extraient l'oxygène d'oxydes ou de sels minéraux. Les mécanismes mis en œuvre sont mal connus et on ne sait les reproduire.

Depuis peu, le microscope électronique a révélé, grâce à ses énormes grossissements, des particules jusqu'alors invisibles, par exemple des virus qu'on ne devinait que par leurs effets. Certains ont été obtenus cristallisés, mais aucun ne peut se mutiplier en dehors d'un être vivant, et on les considère bien plus comme des parasites extrêmement dégénérés que comme des cristaux vivants figurant le passage du règne minéral au monde vivant.

On en est réduit à voir les plus simples des êtres vivants dans les bactéries, vibrions, spirilles, dont Haeckel avait fait l'ordre des Tachymonères et que les botanistes revendiquent comme Schizophytes. Ce sont des Acaryotes, à noyau mal défini, sans chromosomes nets, se multipliant par scissiparité sans différenciations sexuelles. Mais cela dit, on reste embarrassé par leur diversité et leurs affinités discordantes : les bactéries (fig. 1) ont de petites masses nucléaires permanentes, des vacuoles métachromatiques, peut-être des mitochondries ; elles montrent des inclusions lipidiques, du glycogène et elles portent souvent un ou plusieurs flagelles contractiles. Ont-elles évolué vers les champignons par les Myxobactéries et les Actinomycètes, vers les Algues par les Flagellés, que les botanistes et les zoologistes se partagent et se disputent selon qu'ils sont plus ou moins pigmentés ? Toutes les théories peuvent être bâties, mais les faits ne les rendent pas évidentes.

*
* *

Entre végétaux et animaux, les distinctions paraissent aisées quand on compare des espèces de grandes tailles des groupes qui nous sont familiers, un arbre et un vertébré par exemple. Le végétal est enveloppé de cellulose qui le soutient ; l'animal est enveloppé de chitine ou tenu par un squelette interne ; mais la tunique d'une Ascidie n'est-elle pas d'une matière très voisine de la cellulose ? Le végétal est teinté de vert par de la chlorophylle qui joue un rôle capital d'assimilation du carbone à la lumière ; l'animal est coloré par divers pigments tout autres et ne peut dissocier l'anhydride carbonique de l'air ; mais certains végétaux n'ont pas de chlorophylle, les champignons par exemple. Le végétal n'a pas d'appareil digestif et se nourrit de substances dissoutes ; l'animal capture des proies qu'il dilacère et solubilise ; mais il est des végétaux carnivores et des animaux parasites sans tube digestif. Le végétal est immobile, tout au moins à l'état adulte, et l'animal se meut grâce à ses muscles ;

1. *Traité de Zoologie*, sous la direction de Pierre-P. Grassé. Tome I. Fascicule 1. Introduction, Protozoaires (Généralités, Flagellés). 1 vol. in-8°, 1 071 p., 830 fig., 1 pl., 1952. — Fascicule 2 (Rhizopodes, Actinopodes, Sporozoaires, Cnidosporidies). 1 vol. in-8°, 1 160 p., 833 fig., 2 pl., 1953. Masson et Cie, Paris. Le tome II consacré aux Ciliés suivra. Ont collaboré à ce tome I : M. Caullery, E. Chatton, L. Cuénot, G. Deflandre, A. Hollande, J. Le Calvez, J. Pavillard, R. Poisson, G. Tregouboff.

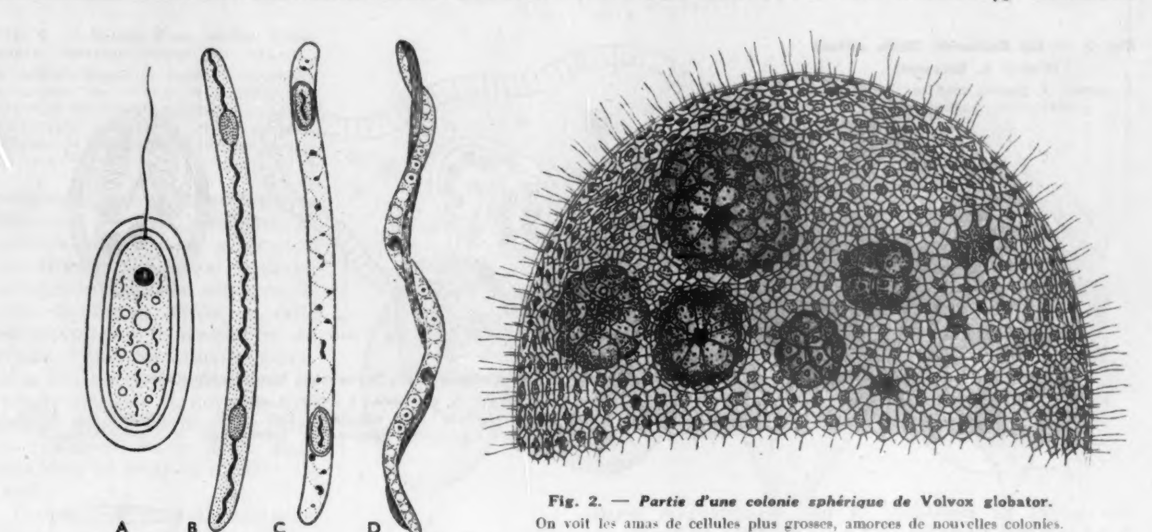


Fig. 1. — *Quelques bactéries.*
A, individu schématique à flagellum, élément nucléaire (en noir), vacuoles métachromatiques (cercles) et mitochondries ? (traits ondulés); autour, membrane muqueuse. B. *Bacillus enterothrix* à filament chromatique axial et deux spores en formation. C, le même, les spores mûres contenant un fragment de chromatine. D, *Cristispira tapetos*, spirochète avec vacuoles, grains métachromatiques et lanière hélicoïdale.

Fig. 2. — *Partie d'une colonie sphérique de* Volvox globator.
On voit les amas de cellules plus grosses, amorces de nouvelles colonies.

mais que dire des animaux fixés, des éléments reproducteurs si mobiles de toutes les plantes, et plus encore des pseudopodes, des cils, des flagelles, des membranelles de tant d'êtres inférieurs ? Soutiendra-t-on que les cellules du végétal tendent à se diviser en files rectilignes, sans replis, tandis que celles des animaux se divisent dans toutes les directions et tendent à s'invaginer en cryptes et en cavités ; mais que dira-t-on des stomates des feuilles, des glandes et des éléments reproducteurs de la fleur ? A vrai dire, il n'est pas un seul caractère distinctif qui ne souffre quelque exception.

Les biologistes qui cherchent les limites et les passages possibles des deux grands règnes du monde vivant restent bien embarrassés. Des cinq sous-embranchements de Protozoaires admis par Grassé, les Sporozoaires et les Cnidosporidies tous parasites, les Ciliés qui se meuvent par cils présentent des cycles ou des structures bien trop complexes pour être primitifs ; les Actinopodes (Acanthaires, Radiolaires, Héliozoaires) à structure radiaire soutenue par un squelette plus ou moins rigide, sont également exclus comme trop particuliers. Il reste les Flagellés à flagelles et les Rhizopodes à mouvements amœboïdes mal polarisés, dont on fait le sous-embranchement des Rhizoflagellés, tout en connaissant leurs différences. Leur classement est difficile. On passe fréquemment de genres ou même d'espèces d'Algues autotrophes pigmentées à des formes très voisines incolores et hétérotrophes. Mais les Phytoflagellés sont certainement d'origines diverses et les Zooflagellés également. Dans quel groupe pourrait-on chercher l'origine unique des animaux ?

*
* *

La même incertitude persiste sur les rapports entre Protozoaires et Métazoaires. Haeckel avait supposé l'existence, entre les êtres unicellulaires et les animaux pluricellulaires à fonctions différenciées, d'un groupe intermédiaire des Gastréades que Van Beneden dénomma Mésozoaires. Ce seraient des animaux formés d'un petit nombre de cellules toutes semblables. Ce groupe disparate s'est effrité peu à peu : on y a reconnu des larves de Cœlentérés, des fragments d'Éponges, des amas de Protozoaires, des Plathelminthes déformés par le parasitisme (Dicyémides et Orthonectides) et on a renoncé à le maintenir dans les ouvrages récents.

Certes, il existe quelques Protozoaires à cellules multinucléées, et d'autres plus nombreux dont les cellules, après divisions, restent accolées en chaînes, en amas, en sphères, etc., mais ce sont là des états temporaires et les éléments associés quelque temps se séparent ensuite et sont capables de se reproduire également et de continuer ainsi l'espèce.

Cependant, faut-il rappeler l'extraordinaire complexité d'organisation d'un des groupes de Flagellés que botanistes et zoologistes se disputent le plus : les Phytomonadines ou Volvocales. Depuis 1719, on connaît la présence dans les eaux douces de grosses boules creuses atteignant 1 mm de diamètre, dont la surface est composée de plusieurs milliers de toutes petites cellules ciliées soudées entre elles en une seule couche, enfermant une gelée intérieure. C'est un *Volvox* (fig. 2). Toutes les cellules de la colonie ne se reproduisent pas : tantôt on voit de petits amas de cellules plus grosses, plus colorées, qui se divisent activement et se séparent en nouvelles masses tandis que l'ancienne boule se disloque et disparaît ; tantôt on voit apparaître d'autres cellules, donnant un faisceau de spermatozoïdes ou se gonflant en un œuf dont la fécondation fera la première cellule d'une nouvelle colonie. Que signifie cette richesse de moyens de reproduction, cette différenciation sexuelle qu'on croyait autrefois l'apanage des êtres pluricellulaires ?

Que dire également d'autres Zooflagellés, plus nettement Protozoaires, que M. Grassé a mis ensemble dans le super-ordre des Protomonadines, sans affirmer leurs affinités communes, en l'absence d'observations suffisantes. Voici les Bodonidés, unicellulaires, à deux flagelles inégaux, dont l'espèce *Boldo saltans* (fig. 3) ne manque presque jamais dans les infusions de feuilles de salades. On lui connaît une multiplication par bipartition longitudinale,

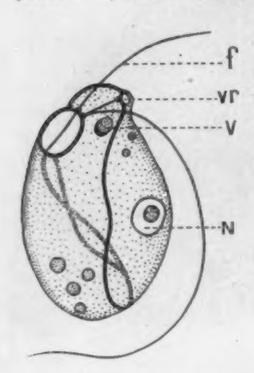


Fig. 3. — *Un Boldonidé,* Boldo saltans (d'après A. Hollande).

N, noyau ; *f*, flagelle antérieur ; *v*, vacuole pulsatile *vr*, vacuole rostrale.

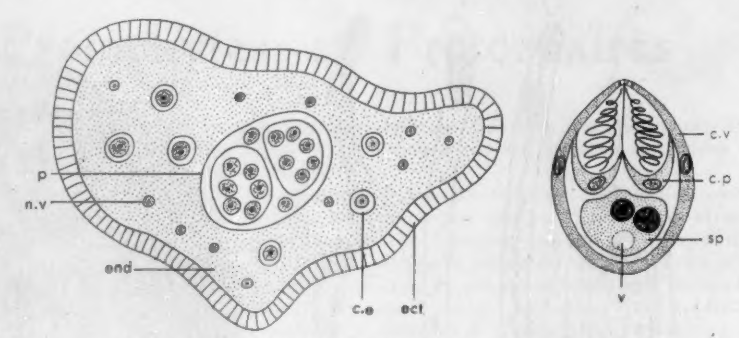


Fig. 4. — *Une Cnidosporidie,* Myxobolus (dessin schématique).

A gauche, A, plasmode ; *à droite*, B, spore.

p, pansporoblaste ; *n.v*, noyau végétatif ; *ect*, ectoplasme strié ; *end*, endoplasme ; *c.e*, cellule endogène ; *c.v*, cellule valvaire ; *c.p*, capsule polaire ; *sp*, sporoplasme ; *v*. vacuole iodophile.

des kystes de résistance et une reproduction sexuée. N'est-ce pas là l'origine ou le modèle d'autres formes plus complexes ?

Voici d'autres Protomonadines, les Choanoflagellés, animaux aquatiques sans chlorophylle, dont on a seulement observé les bipartitions longitudinales, les bourgeonnements et parfois l'enkystement. Ils sont souvent fixés par un pédoncule, enveloppés d'une coque gélatineuse et surmontés d'une collerette au centre de laquelle ondule un flagelle unique (fig. 5). Depuis longtemps, de nombreux zoologistes n'ont pas manqué de rapprocher cette disposition de certaines cellules des Éponges, les Choanocytes, et d'y voir un indice de parenté entre Protozoaires et Métazoaires.

Voici encore les Cnidosporidies (fig. 4), dont on a fini par faire un sous-embranchement. Ce sont des Protozoaires tous parasites, sans flagelles, commençant par un petit germe amœboïde sorti d'une spore, croissant par des divisions et des bourgeonnements, formant une masse plurinucléée, le pansporoblaste, logée au milieu d'un plasmode plus ou moins différencié ; les spores s'organisent, chacune avec une ou plusieurs capsules polaires munies d'un filament spiralé exsertile ; elles se libèrent et reproduisent l'espèce en donnant un nouveau germe amœboïde. Les autres noyaux ne se perpétuent pas, nouvel exemple d'une distinction entre cellules somatiques et sexuelles. Les capsules polaires rappellent étonnamment les nématocystes ou cnidocystes des Cœlentérés qui rendent ceux-ci urticants. Serait-ce un nouveau pont entre animaux uni- et pluricellulaires, une porte vers un groupe de Métazoaires ? Ou bien les Cnidosporidées ne sont-elles que des parasites très dégradés, n'ayant pas gardé leur rang de Cœlentérés ?

On voit combien ces questions de classements et de passages sont difficiles et restent incertaines. Qu'il s'agisse de l'origine de la vie, de la séparation des végétaux et des animaux ou de celle des Protistes et des Métazoaires, partout les données sont insuffisantes, les méthodes sont mal définies, les idées directrices manquent encore.

*
* *

Depuis le XVIIIe siècle, on a vu les curiosités s'étendre à tout le monde vivant, actuel et fossile ; on a recueilli des spécimens de toutes les formes, sur tout le globe ; on les a dénommés, décrits, groupés, et l'on a peu à peu

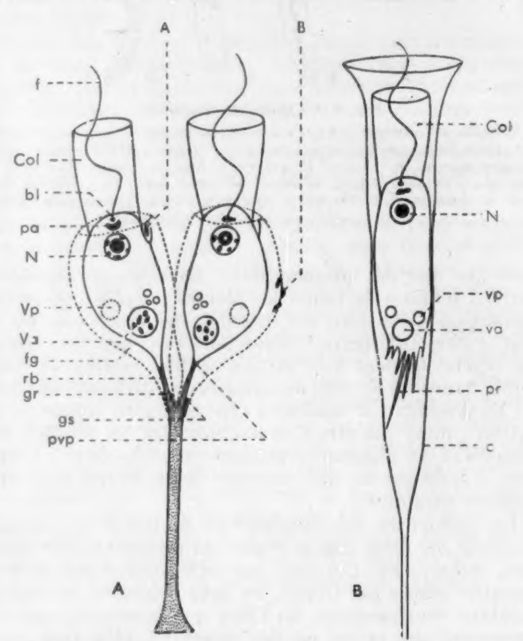


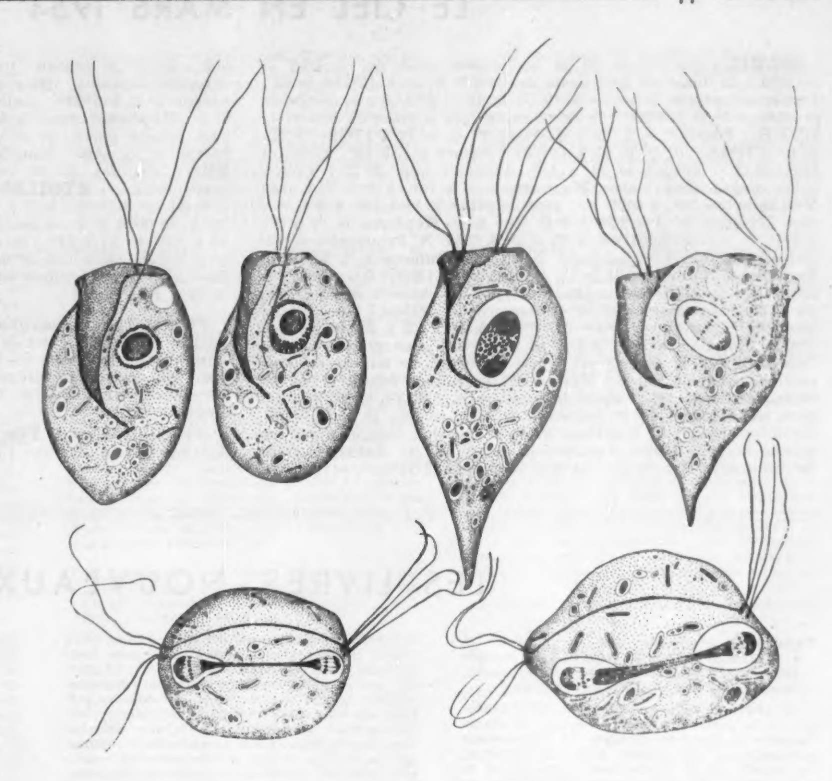
Fig. 5. — *Deux Choanoflagellés* : Codonosiga botrytis, *à gauche* **et Salpingœca gracilis,** *à droite* (d'après H. de Saedeleer).

b, bactéries ; *lg*, loge gélatineuse ; *Col*, collerette ; *f*, fouet ; *bl*, blépharoplaste *pa*, parabasal ; N, noyau ; *vp*, vacuole pulsatile ; *va*, vacuole alimentaire ; *pr*, épipode ; *c*, lorica ; *rb*, épipode basal ; *pvp*, point végétatif du pédoncule ; *gr*, granulations pédonculaires ; *gs*, grains de sécrétion.

abouti à l'inventaire ordonné actuel, constamment remanié et complété. On a dégagé la notion d'espèce, groupe des êtres identiques ou très peu différents qui peuvent se reproduire entre eux, puis on a établi toute une hiérarchie de groupes, depuis le genre jusqu'à l'embranchement et au règne.

L'anatomie, macroscopique d'abord, a été mise à contribution pour parfaire les données de la morphologie externe, puis le microscope a révélé que tous les êtres vivants sont composés de cellules, isolées chez les Protistes, agencées en tissus et en organes chez les Métaphytes et les Métazoaires. Toutes sont composées de petites masses très hydratées, présentant des inclusions et différenciations variées, dont une très particulière, le noyau,

Fig. 6. — *Mitose d'une Amibe*, Tetramitus rostratus (d'après A. HOLLANDE).
a, individu flagellé au repos ; *b*, prophase ; *c*, division du nucléote et formation des nouveaux flagellés ; *d*, télophase avec masses nucléolaires polaires ; *e* et *f*, étirement filiforme du nucléote entre les deux noyaux.



caractérisé par sa membrane, sa structure, certains caractères de colorabilité. Puis on a reconnu que chaque cellule qui se divise présente une scission très compliquée du noyau suivie de celle du cytoplasma. L'association du noyau et du cytoplasma est nécessaire à la vie et tout fragment de cytoplasma isolé du noyau se dissocie et meurt. La mort de l'être est également suivie de la désagrégation de toute la matière vivante.

Toute cellule nouvelle naît de la division d'une cellule existante. Partout ou presque, un être nouveau provient de la division d'une seule cellule, l'œuf, formé par la fusion, la conjugaison de deux cellules différentes qu'on a appelées sexuelles, mâle et femelle.

Peu à peu, on a constaté que la division, la multiplication se produisent aussi d'une manière très complexe, en quelque sorte cérémoniale ; c'est la *mitose* au cours de laquelle des grains et des corpuscules nucléaires aisément colorables, les chromosomes, se divisent et se répartissent dans les cellules filles (fig. 6).

Cependant les Protistes les plus simples n'ont pas de noyaux structurés visibles. Est-ce un défaut de nos techniques d'étude ou une barrière absolue ?

Puisque les espèces perdurent et restent même singulièrement semblables à elles-mêmes au cours de nos observations, faut-il admettre dans les cellules qui s'accouplent et se reproduisent une cause, une figure de tous les caractères qui se répètent. Il fut un temps où l'on voyait dans l'œuf de poule un jeune poulet dont les futurs œufs étaient déjà préfigurés et portaient les ébauches des jeunes de l'avenir. On sourit aujourd'hui de cette théorie de l'emboîtement des germes, bien qu'elle reparaisse constamment sous de nouvelles formes, depuis les composés chimiques caractéristiques et efficaces, les grains plus petits que toute visibilité et encore, aujourd'hui même, dans ces chapelets de gènes invisibles enfilés sur les chromosomes. En fait, l'hérédité est évidente dans chaque espèce, mais n'est pas expliquée.

Chez la plupart des Protistes, toutes les cellules sont des individus à peu près identiques ; toutes peuvent fusionner, se reproduire et donner de nouveaux individus, si bien qu'on a dit que les Protistes sont immortels. Nous venons de voir que certains s'agglomèrent, se différencient et que leurs cellules forment deux lots : les unes meurent sans descendance, les autres s'accouplent et se perpétuent.

Chez les êtres vivants pluricellulaires, cette distinction s'accentue : presque tout le corps meurt, seules les cellules reproductrices se perpétuent ; on a pu parler d'un *soma* périssable et d'un *germen* immortel.

Mais il y a loin encore des faits établis à la théorie générale. Des cellules d'Éponges, des fragments quelconques de Cœlentérés reconstituent l'animal tout entier ; du soma redevient ainsi germen. Et la mitose des noyaux n'est sans doute pas tout non plus puisqu'on trouve des éléments du cytoplasma qui semblent bien également se reproduire d'eux-mêmes et porter ainsi une part de l'hérédité.

Et puis héréditaires ou immortels, les caractères spécifiques ne se maintiennent pas éternellement. La paléontologie nous montre quantité d'espèces, de genres, de groupes plus généraux encore qui sont apparus à une époque et ont disparu à une autre. Sous nos yeux, nous constatons toutes sortes de petites différences entre êtres coexistants, parfois assez marquées pour que nous hésitions à en faire des variétés, sinon des espèces distinctes. Il semble bien que le monde vivant varie, évolue depuis le temps de ses plus anciens restes jusqu'à nos jours. C'est là un autre problème, antinomique de celui de l'hérédité et que nous ne savons guère mieux aborder. Faut-il admettre des séries de variations infimes, en tout ou rien, réglées par des particules figurées, ou des changements lents, continus, conditionnés en partie par les facteurs physiques du milieu ?

J'ai seulement essayé de montrer rapidement juqu'où mène la lecture du *Traité de Zoologie*, d'autant plus précieux qu'il est plus précis et objectif.

RENÉ MERLE

Les figures illustrant cet article ont été empruntées aux deux fascicules du tome I du *Traité de Zoologie*, publié sous la direction du professeur GRASSÉ. Nous remercions les éditeurs, MM. Masson et Cie, de nous avoir autorisés à les reproduire.

LE CIEL EN MARS 1954

SOLEIL : du 1er au 31 sa déclinaison croît de — 7°52′ à + 3°52′ ; la durée du jour passe de 10^h37^m le 1er à 12^h45^m le 31 ; diamètre apparent le 1er = 32′19″,7, le 31 = 32′3″,9 ; *équinoxe de printemps* le 21 à 3^h53^m : le Soleil entre dans le signe du *Bélier*. — **LUNE :** Phases : N. L. le 5 à 3^h11^m, P. Q. le 11 à 17^h51^m, P. L. le 19 à 12^h42^m, D. Q. le 27 à 16^h14^m ; *périgée* le 6 à 10^h, diamètre app. 33′13″ ; *apogée* le 21 à 18^h, diamètre app. 29′25″. Principales conjonctions : avec **Mercure** le 4 à 16^h, à 0°8′ S. ; avec **Vénus** le 5 à 22^h, à 6°27′ S. ; avec **Jupiter** le 11 à 14^h, à 3°8′ S. ; avec **Uranus** le 13 à 22^h, à 0°13′ N. ; avec **Neptune** le 22 à 1^h, à 7°14′ N. ; avec **Saturne** le 23 à 3^h, à 7°47′ N. Principales occultations : de 118 *Taureau* (mag. 5,9) le 11, immersion à $23^h7^m,3$; de δ *Gémeaux* (mag. 3,5) le 13, immersion à $18^h46^m,0$, émersion à $19^h46^m,4$; de 63 *Gémeaux* (mag. 5,3), le 13, immers. à $23^h10^m,6$; de 83 B *Lion* (mag. 5,9) le 16, immers. à $22^h46^m,7$; de π *Lion* (mag. 4,9) immers. à $1^h30^m,0$. — **PLANÈTES : Mercure,** en conjonction inf. avec le Soleil le 1er à 10^h, plus grande élongation du matin le 28, à 27°47′ Ouest du Soleil, se lève 45 minutes environ avant le Soleil ; **Vénus,** réapparaît le soir à la fin du mois, se couche 1^h13^m après le Soleil le 26 ; **Mars,** dans le *Scorpion*, visible dans la 2e partie de la nuit, se lève le 14 à 1^h18^m, diamètre app. 8″,4 ; **Jupiter,** dans le *Taureau*, visible le soir, se couche le 14 à 1^h33^m, diamètre pol. app. 36″,0 ; **Saturne,** dans la *Balance*, se lève de plus en plus tôt le soir, à 21^h44^m, le 14, diam. pol. app. 16″,4, anneau : gr. axe 41″,3, petit axe 13″,2 ; **Uranus,** dans les *Gémeaux*, observable une grande partie de la nuit, se couche le 2 à 4^h33^m, position 7^h24^m et + 22°33′, diamètre app. 3″,8 ; **Neptune,** dans la *Vierge*, au N.-E. de l'*Épi*, observable la plus grande partie de la nuit, se lève le 2 à 21^h23^m, position 13^h38^m et — 8°20′, diamètre app. 2″,4. — **ÉTOILES FILANTES :** *Bootides*, du 10 au 12, radiant ζ *Bouvier*, rapides, très persistantes. — **ÉTOILES VARIABLES :** Minima observables d'*Algol* ($2^m,3$-$3^m,5$) : le 7 à $5^h,9$, le 10 à $2^h,6$, le 12 à $23^h,5$, le 15 à $20^h,3$, le 30 à $4^h,4$; minima de β *Lyre* ($3^m,4$-$4^m,3$) : le 1er à 1^h, le 13 à 23^h, le 26 à 21^h ; maxima : de R *Triangle* ($5^m,3$-$12^m,0$) le 9, de o *Baleine* (*Mira Ceti* $2^m,0$-$10^m,1$) le 18. — **ÉTOILE POLAIRE :** Passage inf. au méridien de Paris : le 2 à $3^h3^m54^s$, le 12 à $2^h24^m26^s$, le 22 à $1^h45^m0^s$.

Phénomènes remarquables. — Observer à la jumelle l'**occultation de δ Gémeaux** le 13 (âge de la Lune 8^j16^h). — **Lumière cendrée de la Lune** les 7 et 8 le soir, et le matin aux derniers jours du mois. — **Lumière zodiacale** le soir, à l'Ouest, après le crépuscule, au début et à la fin du mois, en l'absence de la Lune.

(Heures données en **Temps universel** ; tenir compte des modifications introduites par l'heure en usage).

G. FOURNIER.

LES LIVRES NOUVEAUX

Physiology of Seeds, par W. CROCKER et L. BARTON. 1 vol. in-8°, XVIII-267 p. Chronica Botanica, Waltham, Mass. et P. Raymann, Paris, 1953. Prix : relié, 6,50 dollars.

Ce précis esquisse l'ensemble de la physiologie de la graine mais en développe les divers chapitres de façon très inégale. Vu l'importance prépondérante des graines dans l'alimentation, on insiste sur la composition chimique et la conservation. On expose plus longuement les résultats récents et les questions en cours d'étude : mouillage, facteurs de la germination, vie ralentie, métabolisme et énergétique de la germination, vernalisation, culture des embryons, transmission des maladies.

Mes glaïeuls. Mes dahlias. 2 broch. in-16, 32 p., fig. Collection « Mes amies les fleurs ». Librairie agricole, Paris, 1953. Prix : 300 F.

Conseils pour le choix des fleurs de jardins : les glaïeuls, bégonias tubéreux, iris bulbeux, lis, anémones et renoncules, et pour celui des nombreuses variétés de dahlias ; culture, soins, décoration du jardin et utilisations comme fleurs coupées pour la maison.

Plants of the Bible, par H. et A. MOLDENKE. 1 vol. sup. roy. in-8°, XX+364 p., 95 illustrations. Chronica Botanica, Waltham (U.S.A.) et P. Raymann, Paris, 1952. Prix : relié, 7,50 dollars.

Sous forme d'un volumineux ouvrage qu'illustrent somptueusement d'abondantes gravures (la plupart anciennes) ce sont 230 monographies d'espèces végétales qui, de l'*Acacia nilotica*, mènent par ordre alphabétique au *Zostera marina* et se composent des passages tirés de l'Écriture, concernant apparemment la plante donnée en titre, suivis d'un commentaire pittoresque où éclatent habilement la science et l'érudition des auteurs. Ce très sérieux manuel spécialisé de lecture de la Bible s'adresse, avec ses nombreux index terminaux, à un public anglo-saxon dont on sait l'attentive affection qu'il prodigue à l'Ancien Testament mais saura aussi tenter maint Français, curieux ou bibliophile.

Decapoda Eryonidæ (Eryoneicus et Willemœsia), par F. BERNARD. 1 vol. in-4°, 93 p., 36 fig. Dana-Report n° 37. Andr. Fred. Höst and Son, Copenhague, 1953. Prix : 17 shillings.

Larves de crustacés des grandes profondeurs, aux formes étranges voisines de celles de fossiles du Secondaire, elles restaient rares et mal connues. La première avait été prise par le « Challenger » et décrite en 1882 ; depuis, on en avait trouvé en tout 56 autres ; en quelques années, le « Dana » du Dr Johs. Schmidt, mieux outillé, en recueillit 255. Triées, elles furent confiées à un excellent zoologiste français qui put ainsi écrire leur histoire : 34 espèces, des stades successifs, parfois l'identification avec les adultes très différents, des données précises sur leur croissance, leurs migrations, leur alimentation, leurs modes de vie, leur distribution géographique. C'est un mémoire fondamental sur tout un groupe de Décapodes macroures, très primitifs, voisins de la souche des Homards, une révélation brusque d'un groupe nouveau d'animaux.

Les animaux, ces inconnus, par Konrad LORENZ. 1 vol., 160 p., 11 fig. Éditions de Paris. Prix : 870 F.

« Ces pages, écrit le maître de l'école objectiviste, m'ont été, avant tout, dictées par la colère que m'inspirent les livres de bêtes, les histoires invraisemblables, stupides, menteuses, qu'on trouve maintenant dans toutes les librairies ». Pourtant, aucune technicité : mais de claires descriptions de faits observés au contact direct des animaux, quoique « un homme actif, diligent, estimerait insensé de vivre comme une oie, parmi les oies, pendant tout un été, comme je l'ai fait, avec quelques entr'actes... ». Citons d'admirables pages sur les oies sauvages en effet, les choucas, les corbeaux, les chiens, ainsi qu'un chapitre sur le langage animal qui semble clore la question. De très belles illustrations complètent cet exposé magistral.

Les sensations chez l'animal, par Ernest BAUMGARDT. 1 vol. in-16, 127 p., 31 fig. Collection « Que sais-je ? ». Presses universitaires de France, Paris, 1953. Prix : 150 F.

Pour connaître les sensations chez les animaux, il n'est d'autres moyens que l'étude de la structure du système nerveux, des réactions et des tendances, de l'apprentissage et des réflexes. On repère ainsi des sensibilités différentes d'un type à l'autre. D'autres problèmes, comme le retour au nid et les migrations sont plus difficiles à observer. L'auteur a choisi un grand nombre d'exemples pour faire comprendre les moyens d'études, les résultats et leur interprétation.

Histoire des animaux, par Richard LEWINSOHN. 1 vol. in-16, 406 p., 74 fig., 50 pl. hors-texte. Plon, Paris, 1953. Prix : 1 200 F.

Par un choix très heureux de textes et d'images, l'auteur a réalisé cette intéressante histoire de l'influence des animaux sur la civilisation humaine. Dans une série de chapitres variés, il rappelle ce que chaque époque a ajouté depuis la préhistoire ; la chasse et l'élevage, puis les croyances et les fables, la cuisine et les jeux, la pêche et les fourrures du nord, les animaux d'Amérique, les routes de la soie, les ménageries, l'utilisation du cheval et du chien, les discussions sur les bêtes, la mise en ordre des espèces et les premières expériences, l'avènement du cheval-vapeur, les idées d'évolution, la connaissance des maladies et de leurs traitements, enfin de notre temps l'eugénique, la chimie des succédanés et des synthèses, l'utilisation des terres lointaines pour le peuplement et la production de nourriture, la domination toujours plus grande de l'homme. Chaque aspect est présenté finement, avec beaucoup de détails peu connus, amusants, qui rendent la lecture aussi agréable qu'instructive.

Perspectives cybernétiques en psychophysiologie. Br. 16,5×25, 7 fig. Presses universitaires, Paris, 1951. Prix : 300 F.

Traductions de quatre articles extraits de la série publiée sous le titre *Perspectives in neuropsychiatry*, par le Dr Richter, directeur du Centre de Recherches neuropsychiatriques de Cardiff. Les auteurs sont W. R. Ashby, W. Grey Walter, M. A. B. Brazier et W. Russell Brain. Les lecteurs connaîtront un aspect de la cybernétique qu'il est néfaste de ne connaître que par des vulgarisations mal comprises et excessives dans leurs conclusions.

Le cancer et le secret de sa genèse, par Auguste LUMIÈRE. 1 vol. in-8°, 203 p. Omnium littéraire, Paris, 1953. Prix : 750 F.

Grand industriel et grand savant, universellement connu pour les inventions qu'il fit avec son frère dans les domaines de la photographie et de la cinématographie, l'auteur n'a cessé depuis plus d'un demi-siècle de consacrer sa vie et ses efforts à l'étude des problèmes biologiques qui pourraient éclairer les causes et les mécanismes des grandes calamités humaines, notamment la tuberculose et le cancer. Ce dernier, dont la fréquence est grande et redoutable, reste toujours inexpliqué. On lui a attribué les causes les plus diverses et les moins justifiées par l'observation. On les trouve ici énumérées et discutées ainsi que tous les moyens thérapeutiques proposés. L'auteur y voit une maladie cellulaire se développant sur certaines cicatrices.

Le cancer, par A. ROZIER-CARREL. 1 vol. in-8°, 179 p. Collection « Science et culture ». Fayard, Paris, 1953. Prix : 500 F.

Les tumeurs malignes diverses sont assez fréquentes et n'ont pas été jusqu'ici sûrement jugulées. Sans s'arrêter à leur présentation clinique, l'auteur fait le point des recherches en cours et de leurs espoirs. Il signale d'abord les tumeurs causées par des substances chimiques, des radiations, des agents infectieux, qui ont été l'objet d'une vaste expérimentation sur les

animaux. Il discute le rôle de l'hérédité, de la race, du milieu, de la profession. Il examine les causes supposées, les symptômes, les signes, les pronostics et passe en revue les traitements éprouvés ou à l'essai : chirurgie, rayonnements, hormones, composés organiques et de synthèse. Devant une telle activité de recherches, l'espoir s'impose et aussi le désir de voir la lutte s'amplifier.

Guide pratique de la santé, par le Dr O. P. 1 vol. in-8°, 293 p., fig. Julliard, Paris, 1953. Prix : 780 F.

Puisque chacun se préoccupe de sa santé, de son hygiène, de ses maladies, un tel guide est utile. Il attire l'attention sur les maladies, les secours d'urgence, les symptômes, les médicaments, les modes de vie les plus sages, les moyens de recours à la Sécurité sociale, mais il ne prétend pas guérir et ne cesse de rappeler que le médecin seul peut conseiller et intervenir utilement et que c'est à lui qu'il faut avoir recours dans tous les cas.

Les inquiets, par Jean Toulemonde. 1 vol. in-8°, 295 p. Bibliothèque scientifique Payot, Paris, 1953. Prix : 800 F.

Les inquiets sont malheureux : émotifs, craintifs, doutant d'eux-mêmes, soucieux de leur « moi ». L'auteur fait défiler les enfants nerveux, les impatients et les gens pressés, les retardataires, les agités, les irascibles, les susceptibles, les méfiants, les jaloux et les envieux, les soucieux et les pessimistes, les misanthropes, les avares, les timides et les scrupuleux auxquels il essaie d'apporter l'apaisement en les délivrant de leurs pensées douloureuses.

L'attention et ses maladies, par Alexandre Bal. 1 vol. in-16, 127 p., 3 fig. Collection « Que sais-je ? ». Presses universitaires de France, Paris, 1952.

Sujet difficile qu'on a peine à définir et à délimiter. L'auteur commence par l'aborder selon les méthodes empiriques de la psychologie expérimentale, puis essaie de le cerner au moyen des théories en cours. Il cherche aussi ses altérations dans les états pathologiques. Mais cela ne fait que soulever bien d'autres problèmes tout aussi complexes, et ajoute à l'intérêt que présenterait son étude chez l'enfant, dans l'activité professionnelle et pour la connaissance de la conscience.

Troisième Congrès technique national de sécurité et d'hygiène du travail, 1952. 1 vol. in-4°, 379 p., fig. Institut national de sécurité, Paris.

Plusieurs questions furent amplement traitées : les effets physiologiques des sources lumineuses, de l'éclairage, des couleurs ; l'augmentation de la sécurité par la manutention mécanique, les poussières et la silicose, les solvants organiques et leur analyse. Une documentation précise, des exposés de recherches nouvelles font le point de ces importants sujets d'hygiène industrielle.

Les nerfs crâniens, par R.-M. de Ribet. 1 vol. grand in-8°, 568 p. G. Doin, Paris, 1952. Prix : broché, 3 500 F.

Cet ouvrage d'enseignement comprend trois parties : 1° considérations générales sur les différentes paires crâniennes ; 2° étude descriptive de chaque nerf crânien ; 3° toute une série de schémas concernant la topographie nerveuse, périphérique et radiculaire, non seulement de la tête et du cou, mais aussi du tronc et des membres. Les 271 figures, dans le texte et en dépliants, bien que volontairement très schématiques, ne masquent pas l'extrême complexité qui est réellement, hélas, celle du système nerveux. Cet instrument de travail pour ceux qui préparent examens et concours, servira également aux spécialistes.

Tablet making, par Arthur Little et K. A. Mitchell. 2e édition. 1 vol. in-8°, 123 p., 31 pl. Norther Publishing Co, Liverpool, 1951. Prix : relié, 15 shillings.

Aux pilules, aux granulés faits à la main, l'industrie pharmaceutique a substitué les tablettes, les comprimés fabriqués en usine, en grandes quantités, et remis tout emballés aux officines qui les distribuent. C'est une grande économie de main-d'œuvre, une grande sécurité pour le dosage et la conservation, mais qui nécessite des machines et des techniques précises. Ce manuel expose fort bien ce qu'il faut savoir des mélanges, des granulations, du séchage, de la compression, de l'enrobage et du contrôle. Un formulaire précise les compositions types de nombreux comprimés, selon la nature du produit actif et l'action qu'on en désire, rapide ou lente, dès la bouche ou seulement dans l'intestin, etc.

The principles of line illustration, par L. N. Staniland. 1 vol. in-8°, 212 p., 161 fig. Burke Publishing Company, Londres, 1952. Prix : relié, 25 shillings.

Un croquis peut en dire plus qu'un long rapport, mais il faut savoir le dessiner. Il le faut simple, exact, précis, dégageant bien les traits essentiels, surtout pour le scientifique qui voudra le publier. L'auteur qui s'y connaît indique les règles à suivre et montre par des exemples ce qu'on peut obtenir : mise en place, traits, ombres, perspectives, lettres, échelles, corrections, chambre claire, papiers spéciaux, couleurs, graphiques, diagrammes, cartes, etc., tout ce qu'un auteur doit savoir, tout ce qu'un professionnel et un artiste peut enseigner.

Paris et l'agglomération parisienne, par P. H. Chombart de Lauwe, S. Antoine, J. Bertin, L. Couvreur et J. Gauthier. 2 vol. in-4°, 262 et 111 p., nombreuses cartes et photos. Presses universitaires de France, Paris, 1952. Prix : 1 600 et 600 F.

Les villes sont actuellement l'objet d'un nombre considérable d'enquêtes et d'études, explicables par la reconstruction, les plans d'urbanisme, le besoin de renseignements précis sur la géographie, la démographie, l'économie, la sociologie. On désire non plus des vues d'ensemble, mais des données nombreuses, recueillies par enquêtes collectives, des monographies détaillées, abordant tous les aspects, notant leurs corrélations, faisant une analyse aussi fine que possible de tous les facteurs qui interfèrent dans chaque milieu social, chaque quartier d'une ville et même dans ses « flots » plus étroits encore. M. Chombart de Lauwe a déjà appliqué la photographie aérienne à ces problèmes et cherché les méthodes de recherches les plus efficaces. A la tête d'une équipe nombreuse et choisie, il aborde ici la capitale et sa région. Dans le tome I sont traités l'espace géographique qu'elle occupe, l'agglomération urbaine et son expansion, la distribution de la population et ses rapports sociaux dans les divers arrondissements : secteurs commerciaux, résidentiels, prolétariens, dans la banlieue proche et les lotissements périphériques. De nombreuses cartes fort réussies et démonstratives appuient tous les faits collectés et nuancent en les précisant les idées qu'on peut s'en faire. Le tome II est un exposé de la méthode mise en œuvre : vues aériennes, présentation graphique, utilisation des statistiques, exemples d'enquêtes sur les arrondissements, les îlots, les immeubles, les rues et leurs boutiques, modèles de questionnaires et de plans d'études. C'est un remarquable effort d'analyse qui ouvre une voie nouvelle, passionnante, de la microgéographie à la microsociologie, pour la connaissance du milieu si complexe qu'est une grande ville.

The scientific work of René Descartes, par J. F. Scott. 210 p. 18×26. Taylor and Francis, Londres, 1952. Prix : relié, £ 1.

Sans vouloir établir un exposé exhaustif de ce que Descartes a apporté à la science, l'auteur met en évidence son rôle de précurseur de la science moderne. En dépit de son importance peu d'historiens des sciences avaient encore abordé ce sujet. D'abondantes citations avec ce qu'il faut de commentaire pour les rendre rapidement intelligibles au lecteur actuel invitent à la connaissance personnelle de Descartes.

Le gérant : F. Dunod. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 1er TRIMESTRE 1954, N° 2596. — Imprimé en France.
BARNÉOUD FRÈRES ET Cie, IMPRIMEURS (310566), LAVAL, N° 2897. — 2-1954.



UNE COLLECTION D'HISTOIRE DES SCIENCES
UTILE A CONSULTER PAR TOUT HOMME CULTIVÉ

Histoire de la Physique

de MAX VON LAUE

PRIX NOBEL

Traduite par **HENRI PIATIER**

Présentée par MAURICE DE BROGLIE,
de l'Académie française, de l'Académie des Sciences.

192 pages. Couverture rouge pellior imitation cuir, lettres or. **450 F**

« On remarquera l'exposé des bases de la mécanique et de l'astronomie et le résumé si clair de la relativité d'Einstein... La partie relative aux découvertes plus récentes sera un guide très utile pour les personnes qui cherchent à voir clair dans le prodigieux développement de la physique moderne dans le domaine atomique... »
MAURICE DE BROGLIE.

Histoire de la Chimie

de PAUL WALDEN

Ancien Dir. de l'Institut de la Chimie à l'Université de Rostock
Membre de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg

Traduite et présentée par **EUGÈNE DARMOIS**
Membre de l'Institut,
Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

128 p. 12×19. Couverture rouge pellior imitation cuir, lettres or. **450 F**

« Paul Walden est un savant de réputation mondiale... C'est la substance de toutes ses recherches historiques qu'il a condensée dans le présent opuscule. On y verra que la découverte scientifique n'est pas l'œuvre exclusive des XIXe et XXe siècles... » EUGÈNE DARMOIS.

ÉDITIONS LAMARRE, 4, rue Antoine-Dubois, PARIS (6e)

Choisissez cette méthode rapide pour devenir UN ARTISTE



32 pages illustrées. Tous les détails sur l'étonnante Méthode A.B.C.

Apprenez chez vous, pendant vos loisirs.

Cette nouvelle brochure de l'Ecole A.B.C. de Dessin contient des exemples vécus, une foule de renseignements très utiles pour votre avenir artistique, et tout ce que vous avez besoin de savoir sur cette curieuse méthode A.B.C. qui vous permettra de devenir un bon artiste en moins de 18 mois d'études distrayantes. Vous apprendrez chez vous, par correspondance, avec des artistes parisiens connus qui vous expliqueront comment réaliser avec aisance dès le début, des dessins d'après nature dont vous ne vous seriez pas cru capable. Et vous pourrez vous spécialiser sans débours supplémentaire dans l'une des branches du dessin qui rapportent.

Renseignez-vous. Postez le coupon ci-contre pour recevoir gratuitement et sans engagement la nouvelle brochure illustrée "Le Dessin par la Méthode A.B.C.".

(Studio A. 55)
BROCHURE GRATUITE
sur simple envoi de ce bon à
L'ÉCOLE A.B.C. DE DESSIN
12, rue Lincoln, PARIS-8e.

Nom ______
Adresse ______



Le gérant : F. DUNOD. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 1er TRIMESTRE 1954, N° 2596. — IMPRIMÉ EN FRANCE.
BARNÉOUD FRÈRES ET Cie, IMPRIMEURS (310566), LAVAL, N° N° 2897. — 2-1954.